

Schlussbericht NEXT-OBP-GEOSat

Förderkennzeichen 50YB1211

Projekt- und Dokumentinformationen

Projektinformationen	
Verbundprojekt	NEXT-OBP-GEOSat – NEXT On-Board Processing Unit für GEO Satelliten
Auftraggeber	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Projektträger	DLR Raumfahrtmanagement
Förderkennzeichen	50YB1211
Projektlaufzeit	01.11.2012 bis 31.05.2020
Projektkoordinator	Anton Donner
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Kommunikation und Navigation, Oberpfaffenhofen IQ wireless GmbH, Berlin

Dokumentinformationen	
Editor	Anton Donner
Klassifizierung	öffentlich
Version	1.0

Freigabe

Aktion	Name/Unterschrift	Organisation	Datum
Erstellt von	Anton Donner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)	08.09.2020
Erstellt von	Dr. Hermann Bischl	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)	08.09.2020
Erstellt von	Hartmut Brandt	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)	08.09.2020
Geprüft von	Dr. Hermann Bischl	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)	08.09.2020
Freigegeben von	Anton Donner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)	08.09.2020

Autoren

Name	Organisation	Kontakt
Anton Donner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)	E-Mail: anton.donner@dlr.de Telefon: +49 8153 28 2883
Hartmut Brandt	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)	E-Mail: hartmut.brandt@dlr.de Telefon: +49 8153 28 2843
Hermann Bischl	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)	E-Mail: hermann.bischl@dlr.de Telefon: +49 8153 28 2884

Änderungsnachweis

Version	Datum	Name	Änderungen
0.1	24.06.2020	Anton Donner	Erste Version
1.0	02.11.2020	Anton Donner	Finale Version

Vorbemerkung und Danksagung

Gefördert durch:



**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie**

**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages**

Das NEXT-OBP-GEOSat Projekt wurde vom DLR Raumfahrtmanagement mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 50YB1211 gefördert.

Dieser Schlussbericht beschreibt die Arbeiten des DLR-Instituts für Kommunikation und Navigation und ist nicht als abschließender Bericht für die Ergebnisse des gesamten Verbunds zu verstehen. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Am Gesamtergebnis waren unzählige Menschen beteiligt und an erster Stelle möchten wir uns herzlich bei unserem Verbundpartner IQ wireless GmbH für die hervorragende Zusammenarbeit und den unermüdlichen Einsatz bedanken.

Das DLR Raumfahrtmanagement hat uns in den vergangenen Jahren außerordentlich kompetent und hilfreich begleitet, wofür wir uns ebenfalls herzlich bedanken möchten. Die AUDENS Telecommunications Consulting GmbH und die BSSE System and Software Engineering standen uns jederzeit mit Rat und Tat zur Verfügung, was uns bei unzähligen Kleinigkeiten wirklich sehr geholfen hat.

Großer Dank gebührt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH, ohne die wir das Projekt sicher nicht erfolgreich abschließen hätten können. Die Fertigung des Engineering Qualification Model (EQM) und des Protoflight Model (PFM), ein großer Teil der Umwelttests und natürlich die Qualitätssicherung waren in den allerbesten Händen. Das

Titelbild entstand während der Thermal-Vakuum-Tests am EQM, die von der Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH in ihren Räumlichkeiten in Berlin im Juni 2017 durchgeführt wurden.

Nicht zuletzt bedanken wir uns bei der OHB System AG und der Tesat-Spacecom GmbH & Co. KG für die Geduld, die hilfreichen Anregungen und die konstruktive Kritik.

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzdarstellung	13
1.1	Aufgabenstellung	13
1.1.1	Einführung	13
1.1.2	Zielsetzung	14
1.2	Voraussetzungen	15
1.3	Planung und Ablauf	15
1.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand	18
1.4.1	Network Coding	18
1.4.2	Reliable Multicast und Multi-User Detection	19
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	20
1.5.1	Verbundpartner	20
1.5.2	Arbeitsteilung	22
2	Eingehende Darstellung	24
2.1	Ausführlicher Ergebnisbericht	24
2.1.1	Hardware	24
2.1.2	Softwareentwicklung und Softwareverifikation	31
2.1.3	Qualitätsmanagement	34
2.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	34
2.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	35
2.4	Voraussichtlicher Nutzen	35
2.4.1	Wissenschaftlicher Nutzen	35
2.4.2	Wirtschaftlicher Nutzen	36
2.5	Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt	36
2.6	Erfolgte und geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses	37
2.6.1	Erfolgte Veröffentlichungen	37
2.6.2	Geplante Veröffentlichungen	37
2.6.3	Technische Dokumentation	37
	Abkürzungsverzeichnis	54

Literaturverzeichnis

57

Abbildungsverzeichnis

2.1	EMC-Test des EQM bei der steep GmbH in Ottobrunn.	28
2.2	Schematische Network Coding Testaufbauten.	31
2.3	Network Coding für das Anwendungsbeispiel "Backhauling über Satellit".	32
2.4	Verantwortlichkeiten Qualitätsmanagement.	34

Tabellenverzeichnis

1.1	Übersicht der wichtigsten Ereignisse und Meilensteine.	17
2.1	Übersicht über die Anzahl der zu erfüllenden Anforderungen.	30
2.2	Bewilligte Positionen laut letztem Änderungsbescheid und tatsächliche Ausgaben (jeweils in Euro).	34

Kapitel 1

Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

1.1.1 Einführung

Im Vorgängerprojekt "NEXT - Network Coding Satellite Experiment" ([Bis+12], Förderkennzeichen 50YB0904, Laufzeit 01.05.2009 bis 31.07.2012) wurden Algorithmen für neue ressourcenschonende Übertragungsverfahren im Bereich der Satellitenkommunikation entwickelt, welche auf den nachrichtentechnischen Methoden von Netzcodierung, reliable Multicast und Mehrteilnehmerdetektion beruhen. Im Labormaßstab konnte gezeigt werden, dass diese Verfahren erhebliche Bandbreiten- und Leistungseinsparungen in Satellitentranspondern erwarten lassen.

Für eine abschließende Beurteilung der tatsächlichen Leistungsfähigkeit und der Eignung für ein reales Satellitensystem sollten die Übertragungsverfahren in Form einer Satellitennutzlast implementiert werden.

Zielsetzung des NEXT-OBP-GEOSat Projekts war somit die Weiterentwicklung und Qualifizierung des Labordemonstrators in Hardware und Software für den Mitflug auf dem geostationären Heinrich-Hertz-Satelliten.

Diese "NEXT On-Board Processor (NEXT-OBP)" genannte Nutzlast wird die Kommunikationsexperimente

- Netzcodierung,
- reliable Multicastverfahren und
- Mehrteilnehmerdetektion

an Bord des Heinrich-Hertz-Satelliten ermöglichen.

Die Kommunikationsexperimente sind nicht Bestandteile des NEXT-OBP-GEOSat Projekts und könnten vom DLR Institut für Kommunikation und Navigation (DLR-KN) durchgeführt und wissenschaft-

lich ausgewertet werden, sobald der Satellit im Orbit ist und geeignete Bodenstationsmodems zur Verfügung stehen.

1.1.2 Zielsetzung

Im Verbundvorhaben NEXT-OBP-GEOSat wurde der NEXT On-Board Processor (NEXT-OBP) für einen geostationären Satelliten entwickelt, realisiert und weltraumqualifiziert, so dass nach erfolgreichem Start die Kommunikationsexperimente in einem realen Satellitensystem durchgeführt werden können. Die für den NEXT-OBP notwendige Software wurde ebenfalls entwickelt.

Sowohl Nutzlast als auch die zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht verfügbaren Bodenstationsmodems unterscheiden sich stark von dem Demonstrationssystem aus dem Vorgängerprojekt, da eine neu zu entwickelnde Hardwarearchitektur eingesetzt werden musste, die größtenteils aus Commercial Off-the-Shelf (COTS) Komponenten besteht. Dementsprechend waren auch eine neue Betriebssystem-Software sowie Anpassungen bereits existierender Software-Komponenten erforderlich.

Die neuen Übertragungsverfahren, mit denen prinzipiell Bandbreite und Sendeleistung bzw. Sendenergie bei vielen Formen der Satellitenkommunikation eingespart werden können, mussten an das reale Satellitensystem und an reale Übertragungsbedingungen (Regendämpfungen, Phasenausgleich etc.) angepasst werden.

Des Weiteren mussten zusätzliche Software-Module entwickelt werden, die für den Betrieb des Labordemonstrators noch nicht benötigt wurden. Beispielsweise waren die Steuerungskanäle von den Bodenterminals zum Engineering Model (EM) des NEXT-OBP mittels Ethernet-Kabeln zwischen den Steuer-PCs realisiert worden. Beim Flugmodell hingegen erfolgen Kommandierung, Übertragung von Telemetriedaten und das Einspielen von Firmwareupdates vollständig über die RF-Schnittstelle.

Mittels der vorgesehenen Rekonfigurierbarkeit können zum einen die bereits implementierten Kommunikationsexperimente nachträglich angepasst bzw. optimiert werden und zum anderen ist es prinzipiell möglich, die Nutzlast für andere Experimente zu verwenden.

Das Flugmodell des NEXT-OBP dient ausschließlich Demonstrations- und Experimentierzwecken, d.h. es kann nicht als Prototyp für ein späteres Produkt und nicht als Ausgangspunkt für Normungsaktivitäten verstanden werden.

Das Verbundvorhaben NEXT-OBP-GEOSat endete mit der Fertigstellung und Verifizierung des NEXT-OBP und anschließender Übergabe zur Integration in den Heinrich-Hertz-Satelliten. Die spätere In-Orbit-Verifizierung und die Durchführung der Kommunikationsexperimente mit dem NEXT-OBP inklusive der Vervollständigung des dafür erforderlichen Bodensegments (z.B. Ka-Band Frontends für die Satellitenterminals) waren nicht Gegenstand des Projekts.

1.2 Voraussetzungen

Es gibt nach derzeitigem Kenntnisstand keine On-board Processing Unit, auf der Algorithmen für Network Coding, Mehrteilnehmerdetektion und reliable Multicast in Software implementiert werden kann. Deshalb werden die vorgeschlagenen Übertragungsverfahren in der Satellitenkommunikation noch nicht verwendet.

Basis der Baugruppenentwicklung für die Satellitennutzlast bildete das Labordemonstrationssystem, welches im Vorgängerprojekt "NEXT - Network Coding Satellite Experiment" [Bis+12] realisiert wurde. Für den Einsatz auf einem geostationären Satelliten wurde die Nutzlast von Grund auf neu entwickelt, um den Umweltbedingungen im geostationären Orbit stand zu halten und um die benötigten Schnittstellen zu realisieren.

Für die Entwicklung des NEXT-OBP als wissenschaftliche Nutzlast an Bord des Heinrich-Hertz-Satelliten wurden für die Antragstellung die Implementierungsrichtlinien gemäß des "Payload Accommodation Handbook for the German Satellite Communication Mission" [OHB09] sowie die allgemeinen Anforderungen aus dem General Equipment Requirements Document (GERD) [OHB11] zu Grunde gelegt. Insgesamt wurde der NEXT-OBP für einen In-Orbit Funktionszeitraum von etwa drei Jahren konzipiert. Kurzzeitige Ausfälle oder Störungen des Experimentalbetriebs aufgrund von Single Event Effects (SEEs) werden dabei toleriert.

1.3 Planung und Ablauf

Bei der Entwicklung der Nutzlast NEXT-OBP für den Heinrich-Hertz-Satelliten hatten sich im Zeitraum zwischen Abgabe des Projektantrags und Projektbeginn am 01.11.2012 die äußeren Rahmenbedingungen erheblich geändert.

Der Projektantrag wurde in der inhaltlich finalen Form im Mai 2011 abgegeben; etwa ein Jahr später erfolgte im Rahmen einer vom DLR Raumfahrtmanagement angeforderten Richtigstellung auch eine Aktualisierung der AZK-Formblätter mit einer Anpassung an die ungünstige Dollarkursentwicklung.

Im Zeitraum zwischen Antragsabgabe und Projektstart bzw. nach Projektstart wurden vom Industriekonsortium die anwendbaren Anforderungen weiter detailliert und in neuen Dokumenten festgehalten, die das Projektteam sukzessive in Form von mitgeltenden Unterlagen ("applicable documents") erhielt. Details hierzu finden sich in Abschnitt 2.1.

Der Heinrich-Hertz-Satellit ist kein rein wissenschaftlicher Satellit, weswegen die Zuverlässigkeitsanforderungen des Hauptnutzers berücksichtigt werden mussten. Leider waren die Anforderungen hinsichtlich Qualifizierung, Engineering und Qualitätssicherung zum Zeitpunkt der Antragstellung noch nicht vollständig bekannt. Die Mitfluganforderungen mit den Anlagen A1 bis A4 [DLR12], in denen wesentliche Forderungen an die Projektdurchführung gestellt werden, erhielt und unterzeichnete das DLR-KN im September 2012.

In Diskussionen mit dem Raumfahrtmanagement über die Anwendbarkeit und Auslegung der bereits bekannten bzw. im Zuge des Detaillierungsprozesses bekannt gewordenen Anforderungen für die wissenschaftlich/experimentellen Nutzlasten wurde erst nach Projektbeginn klar, dass die im Antrag beschriebene auf COTS Komponenten basierende technische Realisierung in keiner Weise den tatsächlichen Rahmenbedingungen genügen kann.

Aus diesen Gründen hatte Verbundpartner IQ wireless GmbH (IQW) sehr frühzeitig ein alternatives Realisierungskonzept erarbeitet, das den gestellten Anforderungen genügt. Allerdings erforderte dieser Ansatz zusätzliche Analysen und Qualifizierungstests, da praktisch alle Baugruppen Eigenentwicklungen sind. Die zu erbringenden Nachweise in Verbindung mit den hohen Qualitätssicherungsstandards führten letztendlich zu einem erheblich gesteigerten Zeitbedarf.

Die Projektlaufzeit musste von ursprünglich geplanten 33 Monaten auf insgesamt 91 Monate verlängert werden. Durch die vollständige Eigenentwicklung der Hardware konnte der Verbundpartner IQW allerdings äußerst wertvolles Know-How aufbauen und die Qualität von Design sowie Umsetzung geht weit über die in rein wissenschaftlichen Missionen üblichen Anforderungen hinaus. Im Idealfall wäre somit beispielsweise eine deutlich längere Lebenszeit des NEXT-OBP denkbar.

Der Ablauf des Projekts ist anhand der wichtigsten Ereignisse und Meilensteine in Tabelle 1.1 skizziert.

Tabelle 1.1: Übersicht der wichtigsten Ereignisse und Meilensteine.

Meilenstein	Bezeichnung	Datum
M01a	Preliminary Design Review (PDR)	15.05.2013
M01b	Delta-PDR	12.03.2014
M02	Kick-off Unterauftragnehmer AFW	11.08.2014
M03	Delta-PDR Close-out	09.12.2014
M07	EQM Manufacturing Readiness Review (MRR)	19.07.2016
M08	EQM Assembly and Integration Readiness Review (AIRR)	30.11.2016
M09a	EQM Test Readiness Review (TRR)	24.01.2017
M09b	EQM TRR Close-out	31.03.2017
M10a	EQM Test Review Board (TRB)	11.07.2018
M10b	EQM TRB Close-out	22.10.2018
M12	Lieferung EQM für Flat-Sat Tests	19.03.2020
MPCB	MPCB	31.05.2017
MPCB C/o	MPCB Close-out	18.10.2018
EEE-PCB	EEE-PCB	20.06.2017
EEE-PCB C/o	EEE-PCB Close-out	21.06.2018
M13a	Critical Design Review (CDR)	19.09.2018
M13b	CDR Close-out	19.12.2018
M14a	PFM MRR 1 Freigabe mechanische Fertigung	19.10.2018
M14b	PFM MRR 2	19.12.2018
M14c	PFM MRR 3 Freigabe Bestückung	15.01.2019
M14d	PFM MRR Close-out	13.02.2019
M15	PFM AIRR	27.03.2019
M16a	PFM TRR	23.04.2019
M16b	PFM TRR Close-out	20.05.2019
M17a	PFM TRB	22.11.2019
M17b	PFM TRB Close-out	08.01.2020
M18a	PFM Acceptance Review (AR)	19.05.2020
M18b	PFM AR Close-out	29.05.2020
M19	Lieferung PFM	15.07.2020

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

1.4.1 Network Coding

In der Literatur wurden einige experimentelle Network Coding Implementierungen für terrestrische Kommunikationssysteme beschrieben:

- [Cha+07] Szymon Chachulski, Michael Jennings, Sachin Katti und Dina Katabi. "Trading Structure for Randomness in Wireless Opportunistic Routing". In: *Proceedings of the 2007 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications*. SIGCOMM '07 (Kyoto, Japan). New York, NY, USA: ACM, Aug. 2007, S. 169–180. ISBN: 978-1-59593-713-1. DOI: 10.1145/1282380.1282400.
- [Kat+08a] Sachin Katti, Dina Katabi, Hari Balakrishnan und Muriel Medard. "Symbol-level Network Coding for Wireless Mesh Networks". In: *Proceedings of the ACM SIGCOMM 2008 Conference on Data Communication*. SIGCOMM '08 (Seattle, WA, USA). New York, NY, USA: ACM, Aug. 2008, S. 401–412. ISBN: 978-1-60558-175-0. DOI: 10.1145/1402958.1403004.
- [Kat+08b] Sachin Katti, Hariharan Rahul, Wenjun Hu, Dina Katabi, Muriel Medard und Jon Crowcroft. "XORs in the Air: Practical Wireless Network Coding". In: *IEEE/ACM Transactions on Networking* 16.3 (Juni 2008), S. 497–510. ISSN: 1063-6692. DOI: 10.1109/TNET.2008.923722.
- [KGK07] Sachin Katti, Shyamnath Gollakota und Dina Katabi. "Embracing Wireless Interference: Analog Network Coding". In: *Proceedings of the 2007 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications*. SIGCOMM '07 (Kyoto, Japan). New York, NY, USA: ACM, Aug. 2007, S. 397–408. ISBN: 978-1-59593-713-1. DOI: 10.1145/1282380.1282425.

Die genannten Beispiele setzten Network Coding aber in anderen Formen ein (z.B. Network Coding nur mit Paketen, die von der gleichen Datenquelle stammen), so dass diese Ansätze mit dem Network Coding Kommunikationsexperiment für die Satellitenkommunikation kaum vergleichbar sind.

Im September 2010 wurde vom DLR-KN weltweit erstmalig eine netzcodierte Videokommunikation zwischen zwei Satellitenterminals in einem transparenten, hubbasierten, sternförmigen DVB-S2 Satellitensystem anlässlich der Advanced Satellite Multimedia Systems Conference (ASMS) in Cagliari, Sardinien, demonstriert. Die dafür notwendigen Protokollentwicklungen wurden weitgehend im Vorgängerprojekt "NEXT - Network Coding Satellite Experiment" ([Bis+12], Förderkennzeichen 50YB0904, Laufzeit 01.05.2009 bis 31.07.2012) erarbeitet. Die Netzcodierung wurde in dieser Demonstration am Boden in einer Hubstation durchgeführt, wodurch sich der mögliche Anwendungsbereich auf hubvermittelte Punkt-zu-Punkt Verbindungen zwischen zwei Satellitenterminals mit bidirektionalem Verkehr beschränkte.

Eine Netzcodierung an Bord eines geostationären Satelliten eignet sich demgegenüber für vielfältigere Anwendungsszenarien. Beispielsweise – im Gegensatz zu einer Netzcodierung in einem Hub am Boden – auch für Internet über Satellit mit bidirektionalem Verkehr, da sich der Netzknoten für das Network Coding dann im Satellit zwischen dem Satellitenterminal und der Gatewaystation mit dem Zugang zum Internet befindet. Die im Downlink zu übertragende Datenmenge wird durch das Network Coding reduziert, was zu Bandbreiten- und Leistungseinsparungen führt.

Beispiele für bereits erfolgte Veröffentlichungen des DLR-KN zur Anwendung von Netzcodierung in Satellitenkommunikationssystemen sind wie folgt:

- [BBR11] Hermann Bischl, Hartmut Brandt und Francesco Rossetto. "An experimental demonstration of Network Coding for satellite networks". In: *CEAS Space Journal* 2.1 (Dez. 2011), S. 75–83. ISSN: 1868-2510. DOI: 10.1007/s12567-011-0009-7.
- [Bis10] Hermann Bischl. "NEXT - Network Coding Satellite Experiment". In: *Proceedings 2. Nationale Konferenz "Satellitenkommunikation in Deutschland"* (Bonn, Germany). DLR Raumfahrtmanagement, März 2010.
- [Bis12] Hermann Bischl. "NEXT - Netzcodierung für die Satellitenkommunikation". In: *Proceedings 3. Nationale Konferenz "Satellitenkommunikation in Deutschland"* (Bonn, Germany). DLR Raumfahrtmanagement, März 2012.
- [GEN12] Giuliano Garrammone, Stefan Erl und Tudor Ninacs. "On Network Coding for Reliable Multicast via Satellite". In: *Proceedings 30th AIAA International Communications Satellite System Conference (ICSSC)* (Ottawa, Canada). American Institute of Aeronautics und Astronautics (AIAA). Sep. 2012. DOI: 10.2514/6.2012-15253.
- [RZ12] Francesco Rossetto und Michele Zorzi. "A Practical Architecture for OFDM-Based Decode-and-Forward Physical Layer Network Coding". In: *IEEE Transactions on Signal Processing* 60.9 (Sep. 2012), S. 4747–4757. ISSN: 1053-587X. DOI: 10.1109/TSP.2012.2203812.

1.4.2 Reliable Multicast und Multi-User Detection

Die Themen Reliable Multicast und Mehrteilnehmer-Detektion wurden in unterschiedlicher Ausprägung schon seit mehreren Jahren am Institut verfolgt. Ein wichtiger Teil der Mehrteilnehmer-Detektion ist das Design und die Verwendung geeigneter Codes. Auf diesem wichtigen Gebiet der Codierung verfügt das Institut über eine außerordentlich gute Expertise. Beispiele für einige Veröffentlichungen des DLR-KN dazu sind:

- [LPC04] Gianluigi Liva, Enrico Paolini und Marco Chiani. "Efficient encoding of high-rate LDPC codes for space applications". In: *Proceedings 3rd ESA Workshop on Tracking, Telemetry and Command Systems for Space Applications*. TTC 2004 (Darmstadt, Germany). Sep. 2004.

- [LPC05] Gianluigi Liva, Enrico Paolini und Marco Chiani. "Simple Reconfigurable Low-Density Parity-Check Codes". In: *IEEE Communications Letters* 9.3 (März 2005), S. 258–260. ISSN: 1089-7798. DOI: 10.1109/LCOMM.2005.03009.
- [LPC08] Gianluigi Liva, Enrico Paolini und Marco Chiani. "Packet Loss Recovery in the Telemetry Downlink via Maximum-Likelihood LDPC Decoding". In: *Proceedings International Workshop on Signal Processing for Space Communications*. SPSC 2008 (Rhodos, Greece). ESA, Okt. 2008.
- [LR11] Francisco Lázaro Blasco und Francesco Rossetto. "On the Derivation of Optimal Partial Successive Interference Cancellation". In: *Proceedings IEEE Global Telecommunications Conference - GLOBECOM* (Houston, USA). IEEE. Dez. 2011. DOI: 10.1109/GLOCOM.2011.6133804.
- [MG09] Balazs Matuz und Giuliano Garrammone. "Close-to-capacity Decoding on the Packet Erasure Channel (PEC)". In: *Proceedings Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress* (Aachen, Germany). Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt - Lilienthal-Oberth e.V. (DGLR), Sep. 2009.
- [Pao+08] Enrico Paolini, Gianluigi Liva, Balázs Matuz und Marco Chiani. "Generalized IRA Erasure Correcting Codes for Hybrid Iterative/Maximum Likelihood Decoding". In: *IEEE Communications Letters* 12.6 (Juni 2008), S. 450–452. ISSN: 1089-7798. DOI: 10.1109/LCOMM.2008.080221.
- [PLC04] Enrico Paolini, Gianluigi Liva und Marco Chiani. "Tornado-like codes: a new appealing chance for space application protocols?". In: *Proceedings 3rd ESA Workshop on Tracking, Telemetry and Command Systems for Space Applications*. TTC 2004 (Darmstadt, Germany). Sep. 2004.

Zur Mehrteilnehmer-Detektion (bzw. zur Interference Cancellation) im Bereich der Satellitenkommunikation wurden von der European Space Agency (ESA) verschiedentliche Forschungsstudien ausgeschrieben (z.B. ESTEC Contract No. 18070/04/NL/US: Novel Intra-System Interference Mitigation Techniques & Technologies for Next Generations Broadband Satellite Systems).

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

1.5.1 Verbundpartner

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Kommunikation und Navigation (DLR-KN)

Das DLR Institut für Kommunikation und Navigation (DLR-KN) forscht seit vielen Jahren äußerst erfolgreich an neuen Übertragungsverfahren, Datenübertragungsprotokollen und Algorithmen für die Satellitenkommunikation von morgen und übermorgen. Anwendungsgebiete sind sowohl die flächendeckende Versorgung mit Multimediaminhalten an Land, in der Luft und auf hoher See als auch die hocheffiziente Übertragung von Erdbeobachtungsdaten mittels direkter Links zum Boden

oder über Relaisatelliten.

Durch die integrierte Betrachtung der relevanten Fachgebiete erarbeitet das Institut hochgradig innovative Systemkonzepte für herkömmliche transparente, aber auch für regenerative Satellitenplattformen mit On-board Prozessoren. Dieses in Deutschland einzigartige Know-How wurde vom Institut über viele Jahre hinweg in zahlreichen Forschungsprojekten gewonnen. Beispiele sind verschiedene Projekte im Auftrag der ESA zur Analyse und Optimierung von neuen Ka-Band Multibeam-Satellitensystemen und von neuen Ka-Band Systemen mit On-board Prozessierung.

Die Fachabteilung "Satellitennetze" zeichnete sich im Projekt für die wissenschaftlich-technischen Inhalte verantwortlich und hat langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der satellitenbasierten Kommunikationssysteme, der Übertragungsprotokolle und der Kanalcodierverfahren. Erste Protokollimplementierungen zur netzcodierten bidirektionalen Kommunikation über hubbasierte transparente Satellitennetze wurden vom DLR-KN bereits durchgeführt und weltweit erstmalig über einen transparenten Satelliten demonstriert.

Für die Koordinierung des Gesamtprojekts war die Abteilung "Institutsprojektmanagement und Institutsadministration" zuständig.

IQ wireless GmbH (IQW))

Das im Technologiepark Berlin-Adlershof ansässige mittelständische Unternehmen IQ wireless GmbH (IQW) hat langjährige Erfahrungen im Systemdesign und der Entwicklung von komplexen Funkkommunikations- und Videosystemen vorrangig für terrestrische Applikationen in der Telekommunikation und insbesondere bei sicherheitsrelevanten Anforderungen. Von IQW wurden in den letzten Jahren beispielsweise die Funksysteme DiTEX und IAP entwickelt, die für die Übertragung von Telefonie- und Datendiensten zu ortsfesten Teilnehmern genutzt werden. Aufgrund ihrer technischen und wirtschaftlichen Parameter werden diese sehr erfolgreich international vermarktet. Bereits seit mehreren Jahren werden insbesondere in Deutschland die komplexen Videosysteme FireWatch zur automatisierten Früherkennung von Waldbränden eingesetzt. Die Entwicklung und Produktion dieser Systeme erfolgt ebenfalls bei IQW.

Im Projekt HISPICO (Förderkennzeichen 50YB0513) entwickelte die IQW einen neuartigen hochintegrierten und hochratigen S-Bandsender für den Einsatz in Pico-Satelliten. Der Sender wurde, den Anforderungen einer Referenzmission entsprechend, vollständig für den Einsatz im Weltraum qualifiziert und bereits im Rahmen des REXUS-Programms an Bord einer Höhenforschungsrakete im Weltraum betrieben. Auch wurden schon in diesem Projekt neue Verfahren zur Kanalkodierung erprobt, welche auf der Baugruppe prozessiert werden.

Die im SCOM Projekt (Förderkennzeichen 50YB0804) von der IQ wireless GmbH (IQW) entwickelte Baugruppe stellt eine komplette Transceiver-Lösung für Mikrosatelliten dar. Es wurden dabei, im Vergleich zum HISPICO-Projekt, die Downlink-Datenrate vervielfacht und ein Uplink-Kanal implementiert. Dazu wurden wiederum neuartige Kodierungsverfahren für einen MIMO-Downlink

eingesetzt. Der SCOM-Transceiver wurde ebenfalls vollständig für den Einsatz im Weltraum qualifiziert und seine Funktionsfähigkeit im Suitcase-Test nachgewiesen.

Das Ziel des SLINK Projekts (Förderkennzeichen 50YB1010) war die Entwicklung einer Transceiver-Lösung für die Intersatellitenkommunikation innerhalb von Schwärmen von Pico-Satelliten im Low Earth Orbit (LEO). Die IQW entwickelte dazu sowohl entsprechende Baugruppen als auch das Kommunikationsprotokoll. Die Zielsetzung bestand in einer vollständigen Weltraumqualifizierung und im Nachweis der Funktionsfähigkeit durch einen Suitcase-Test.

1.5.2 Arbeitsteilung

Übersicht

Im Zuge der Projektbearbeitung stellte sich heraus, dass eine vollumfängliche Qualifizierung der Nutzlast gemäß den gestellten Anforderungen im zur Verfügung stehenden Zeit- und Kostenrahmen nicht zu bewerkstelligen war. Die Verbundpartner verständigten sich deswegen mit dem DLR Raumfahrtmanagement auf eine Zweiteilung der Dokumentation:

- Dem "Scope A" werden alle Bestandteile der Nutzlast zugeordnet, die eine direkte Schnittstelle zum Satelliten haben. Designs werden vollständig offen gelegt, die Electrical, Electronic and Electromechanical (EEE) und Materials, Mechanical Parts and Processes (MMPP) Programme sind konform zu den Anforderungen des Satellitenherstellers und die zu erstellende Dokumentation wird in formalen Reviews geprüft. Beispiele für Scope A Baugruppen sind das Gehäuse und die beiden Platinen für das RF-Interface und die Stromversorgung.
- Die "Scope B" Baugruppen unterliegen internen Dokumentationsvorgaben und Änderungsmanagement. Designunterlagen werden dem DLR Raumfahrtmanagement auf Wunsch zur Einsicht vorgelegt, sind aber nicht Gegenstand der formalen Reviews. Zum Scope B gehören die beiden Platinen für den Controller und das Radio-Frontend, aber auch die Firmware bzw. Software.

Assembly, Integration and Verification (AIV) der Baugruppen, die dem Scope A zugeordnet wurden, die dazu erforderlichen Qualitätssicherungsaufgaben (Payload Product Assurance (PA) Management) und die Thermal-Vakuum-, Pyroschock- und Vibrationstests der gesamten Nutzlast wurde vom DLR-KN nach einem nicht offenen Bieterverfahren mit vorgeschaltetem Teilnahmewettbewerb an die Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH (AFW) im Unterauftrag vergeben.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Kommunikation und Navigation (DLR-KN)

Das DLR-KN war im Projekt NEXT-OBP-GEOSat verantwortlich für:

- Geräteverantwortung,
- Leitung des Gesamtprojekts,

- Konfigurationsmanagement,
- NEXT-OBP Product Assurance (PA) Management,
- Weiterentwicklung bzw. Anpassung der Software für die Kommunikationsexperimente,
- Einkauf von schnittstellenrelevanten EEE Bauteilen (Scope A) inkl. Platinen,
- Beauftragung Assembly, Integration and Verification (AIV) der schnittstellenrelevanten Hardware (Scope A) sowohl des EQM als auch des PFM inkl. Umwelttests,
- Beauftragung der Electromagnetic Compatibility (EMC) und Electrostatic Discharge (ESD) Tests.

IQ wireless GmbH (IQW)

Die IQW war im Projekt zuständig für:

- Hardwaredesign der gesamten Nutzlast (Scope A und B) und des Ground Support Equipment (GSE),
- Fertigung und Bestückung der Platinen Scope B,
- Durchführung Funktionstests und Begleitung der Integrations- und Umwelttests,
- Softwareentwicklung Betriebssystem und Telemetry/Telecommand (TM/TC),
- Dokumentation von Design und Testergebnissen.

Kapitel 2

Eingehende Darstellung

2.1 Ausführlicher Ergebnisbericht

2.1.1 Hardware

Die im Antrag vorgesehene Realisierung mit Baugruppen und zugehörigen Evaluationskits des US-amerikanischen Herstellers SpaceMicro bestand aus:

- Gehäuse (ProtonX-Box),
- Stromversorgung,
- MIL-STD-1553 (MIL-Bus) Management Interface und
- Controller (Digital Signal Processing Board).

Durch den Verbundpartner IQW sollte ursprünglich hardwareseitig nur die Hochfrequenz-Baugruppe, die an die HF-Satellitenschnittstellen angeschlossen wird, und eine Digital Signal Processing (DSP) Coprozessor-Baugruppe (Shell) als experimentelle wissenschaftlich-technische Nutzlast (später als "Scope B" bezeichnet) neu entwickelt werden. Geplant war, dieses Design möglichst aus kostengünstigen, nicht-raumfahrtqualifizierten COTS Standardbauelementen zu realisieren.

Wie bereits in Abschnitt 1.3 beschrieben wurde dem Projektteam eine Anzahl mitgeltender Unterlagen erst nach Antragsabgabe zugänglich:

[DLR10a] DLR Raumfahrtmanagement. *Document Requirement Definition (DRD) For Payload Accomodation using Heinrich Hertz Satellite*. H2S-RD-QP-DLR-1086/D-DRD. Freigabe erteilt am 12.04.2011. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, 24. Sep. 2010.

- [DLR10b] DLR Raumfahrtmanagement. *Product – Assurance & Safety – Requirements For Payload Accomodation using Heinrich Hertz Satellite*. H2S-RD-QP-DLR-1086/D. Freigabe erteilt am 12.04.2011. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, 24. Sep. 2010.
- [DLR11a] DLR Raumfahrtmanagement. *H2Sat – Technologiebeistellungen Anzuwendende Management Anforderungen Phase B/C/D*. H2Sat-DLR_RD-RS-020 Issue 1. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, Nov. 2011.
- [DLR11b] DLR Raumfahrtmanagement. *Heinrich-Hertz-Mission - Technologiebeistellungen Anzuwendende Engineering Standards Phase B/C/D*. H2Sat-DLR_RD-RS-021 Issue 1. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, Aug. 2011.
- [DLR11c] DLR Raumfahrtmanagement. *Heinrich-Hertz-Mission - Technologiebeistellungen Document Delivery List for Engineering and Management Phase B/C/D*. H2Sat-DLR-RD-DDL-002 Issue 1. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, Aug. 2011.
- [DLR12] DLR Raumfahrtmanagement. *Anforderungen an Technologie-Beisteller für einen Mitflug auf dem Heinrich Hertz Satelliten*. Mit Anlagen A1: Heinrich Hertz Missionsbeschreibung durch das DLR RFM, A2: Beschreibung der Technologie-Beistellung, A3: Individuelle Anforderungen an die Technologie-Beistellung, A4: Einverständniserklärung. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, 12. Sep. 2012.
- [DLR16] DLR Raumfahrtmanagement. *Heinrich Hertz Satellitenmission – Verfahrensanweisung zur Prozessierung von Änderungsanträgen, Fehlermeldungen, Sonderfreigaben und Teilefreigaben zwischen DLR RFM, industriellem Hauptauftragnehmer und Technologie-Beistellern (Change Management)*. H2M-DLR-RD-AD-01 Ausgabe v2-0. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, 15. Juli 2016.
- [OHB12] OHB. *Configuration Control and Documentation Management Requirements for Subcontractor and Supplier for the German Satellite Communication Mission Heinrich Hertz*. H2SAT-SYS-OHB-RQ-0001 Issue 02. OHB System AG. Bremen, 15. Okt. 2012.
- [OHB13a] OHB. *Double Isolation Requirements Specification For the Small GEO Satellite*. TC-SYS-OHB-RQ-0002 Issue 02. OHB System AG. Bremen, 27. März 2013.
- [OHB13b] OHB. *Product Assurance and Safety Requirements for I/F for W/T Supplier for the German Satellite Communication Mission Heinrich Hertz*. H2SAT-SYS-OHB-RQ-0009 Issue 01. OHB System AG. Bremen, 20. Sep. 2013.
- [Tes14] Tesat. *Interface Requirements Document (IRD) for NextOBP*. H2S-IOV-NEXTOBP-TE-IRD-0146 Issue C. Issue A was released 13. Mar. 2013. Tesat-Spacecom GmbH & Co. KG. Backnang, 16. Jan. 2014.

Diese Anforderungen gingen zum Teil deutlich über die vorab bekannten GERD Anforderungen [OHB11] hinaus; beispielsweise waren nunmehr auch die Platinen-Layouts aller Interface-Baugruppen beeinflusst. Nach Auswertung aller vorliegenden Informationen musste die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die anzuwendenden Schnittstellenanforderungen zum Satelliten und deren Qualifizierungsgrad nicht mit den kommerziellen Baugruppen von SpaceMicro zu erfüllen wa-

ren. Das betraf insbesondere die Anforderungen aus dem GERD zur Spannungsversorgung mit 50 V und die High Power Command (HPC) bzw. Bi-Level Switch Monitor (BSM) Schnittstellen für TM/TC. Das MIL-Bus Interface hätte aufwändig qualifiziert werden müssen, um den gestellten Anforderungen zu genügen. Auch verschiedene Steckverbindersysteme wären in der benötigten Form/Typ und Anordnung gemäß dem GERD nur als zusätzliche Entwicklungsleistung von SpaceMicro erbracht worden. Als weitere projektspezifische Erweiterung hätte SpaceMicro die schaltungstechnische Begrenzung der Leistungsaufnahme der NEXT-OBP Gesamtbaugruppe realisieren müssen; die Tragweite der diesbezüglich im GERD beschriebenen Anforderung war für das Projektteam erst nach Klarstellung durch das Industriekonsortium ersichtlich.

Lediglich die DSP und Controller-Baugruppen sowie das Gehäuse von SpaceMicro hätten als Hardware wie ursprünglich geplant eingesetzt werden können, was aber ebenfalls mit einem zusätzlichen Qualifizierungsaufwand verbunden gewesen wäre. Das Festhalten an diesen beiden Komponenten zeigte keine wirtschaftlich-technischen Vorteile und war im Gegenteil mit den bekannten Risiken wie beispielsweise der Abhängigkeit von US-amerikanischen Exportbeschränkungen, der Verfügbarkeit nur als Single-Source und den nach wie vor nicht umfassend bekannten technischen Detailspezifikationen verbunden. Nicht zuletzt gestaltete sich die Zusammenarbeit mit SpaceMicro aufgrund von langer Antwort- und Lieferzeiten sowie einer unzureichenden Flexibilität ohnehin eher schwierig.

In Diskussionen mit dem Raumfahrtmanagement über die Anwendbarkeit und Auslegung der bereits bekannten bzw. im Zuge des Detaillierungsprozesses bekannt gewordenen Anforderungen für die wissenschaftlich/experimentellen Nutzlasten wurde somit erst nach Projektbeginn klar, dass das im Antrag beschriebene Design nach der Entscheidung gegen SpaceMicro nicht mehr weiter verfolgt werden kann. Vielmehr musste eine klare Trennung zwischen schnittstellenrelevanten Baugruppen (Scope A), die allen anwendbaren Anforderungen unterliegen, und "experimentellen Baugruppen" (Scope B) geschaffen werden. Mit umfangreichen Fehler- und Kritikalitätsanalysen für die Baugruppen musste der Nachweis erbracht werden, dass mögliche Fehlerzustände in Scope B nicht über Scope A hinaus propagieren können und somit keine Schnittstellenanforderungen verletzt werden. Dieser große Analyseumfang wurde insbesondere aufgrund der hohen technischen Komplexität der Scope B Baugruppen mit ihren zahlreichen Interaktionsmöglichkeiten zum Scope A Teil gefordert.

Zudem war die Annahme im Projektantrag, dass es einen exklusiven HF-Signalfad für den NEXT-OBP geben wird und die HF-Schnittstelle deswegen dem experimentellen Bereich (Scope B) zugeordnet werden kann. In H2Sat Phase 1B stellte sich allerdings heraus, dass dies für das Satellitensystem eine unwirtschaftliche technische Realisierung bedeuten würde, so dass der NEXT-OBP jetzt an einem gemeinsamen HF-Signalfad angeschlossen wird. Deswegen unterliegt nun die NEXT-OBP HF-Schnittstelle allen anzuwendenden Anforderungen und musste vollständig qualifiziert werden.

Aus diesen Gründen wurde vom Verbundpartner IQW sehr frühzeitig mit der Erarbeitung und Gegenüberstellung eines alternativen Realisierungskonzeptes begonnen, das den notwendigen Zu-

sataufwand möglichst niedrig hält, allen Anforderungen gerecht wird und dadurch einen deutlichen wissenschaftlich-technischen Mehrwert für das Projekt beinhaltet. Die durchgeführte Evaluierung und anschließende Entscheidung für das Alternativkonzept erfolgte gemeinsam mit dem Projektträger während des Statusmeetings am 21.02.2013. Kostenreduzierungen ergaben sich durch den Verzicht auf die MIL-Bus Anbindung; eine derartige alternative Option wurde schon im Projektantrag skizziert.

Letztendlich wurde im Projekt ein alternativer Designansatz mit zusätzlichen extern zu erbringenden Qualifizierungsleistungen gewählt. Die MIL-Bus Schnittstelle wurde dabei durch eine HPC Schnittstelle ersetzt.

Mit diesem Realisierungskonzept konnten mögliche Abhängigkeiten von Zulieferern auf ein Minimum reduziert werden. Zudem ergab sich für den Verbundpartner IQW die einzigartige Chance, eine Nutzlast ohne Einschränkungen durch Fertigbauteile entwickeln zu können. Nicht zuletzt war es IQW möglich, wertvolles Wissen über Design und Fertigung hochzuverlässiger Baugruppen aufzubauen.

Insgesamt folgte daraus:

- Das RF-Interface konnte nicht wie im Antrag vorgesehen aus COTS Bauelementen gebaut werden, so dass ein Re-Design erforderlich wurde.
- Nachweise über verschiedene Tests zur Weltraumqualifizierung der Baugruppen mussten zusätzlich erbracht werden, während im Projektplan vom Einkauf vollständig qualifizierter Module ausgegangen worden war. Beispielsweise mussten zusätzliche EMC Tests durchgeführt werden.
- Der Aufwand für die Qualitätssicherung war aufgrund der eingangs genannten geänderten Anforderungen erheblich größer als angenommen und musste durch einen erfahrenen Dienstleister erfolgen, da das zur Durchführung der Qualitätssicherung benötigte Know-How bei den Verbundpartnern DLR-KN und IQW nicht zur Verfügung stand.

Die Zielsetzung des Antrags blieb jedoch unverändert: Die Entwicklung und Fertigung eines Flugmodells des NEXT-OBP für den Mitflug auf einem geostationären Satelliten. Allerdings hatten sich nach der Antragstellung die externen Anforderungen wesentlich verschärft, weswegen die Vorgehensweise und die damit verbundene ursprüngliche finanzielle Planung angepasst werden mussten.

Des Weiteren stellte sich bei den Vorbereitungen zum PDR heraus, dass eine Erweiterung der im Antrag beschriebenen Modell- und Testphilosophie notwendig war. Um das Projektrisiko zu minimieren sollte ein zusätzliches EM gebaut werden, das wiederum eine Reihe von zusätzlichen Tests (Funktion, Performance, Vibration, Pyro-Shock, Thermal-Vakuum, Total Ionizing Dose) durchläuft. Außerdem mussten sowohl EQM als auch PFM hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit getestet werden, was im ursprünglichen Antrag nicht vorgesehen war (siehe Abbildung 2.1).

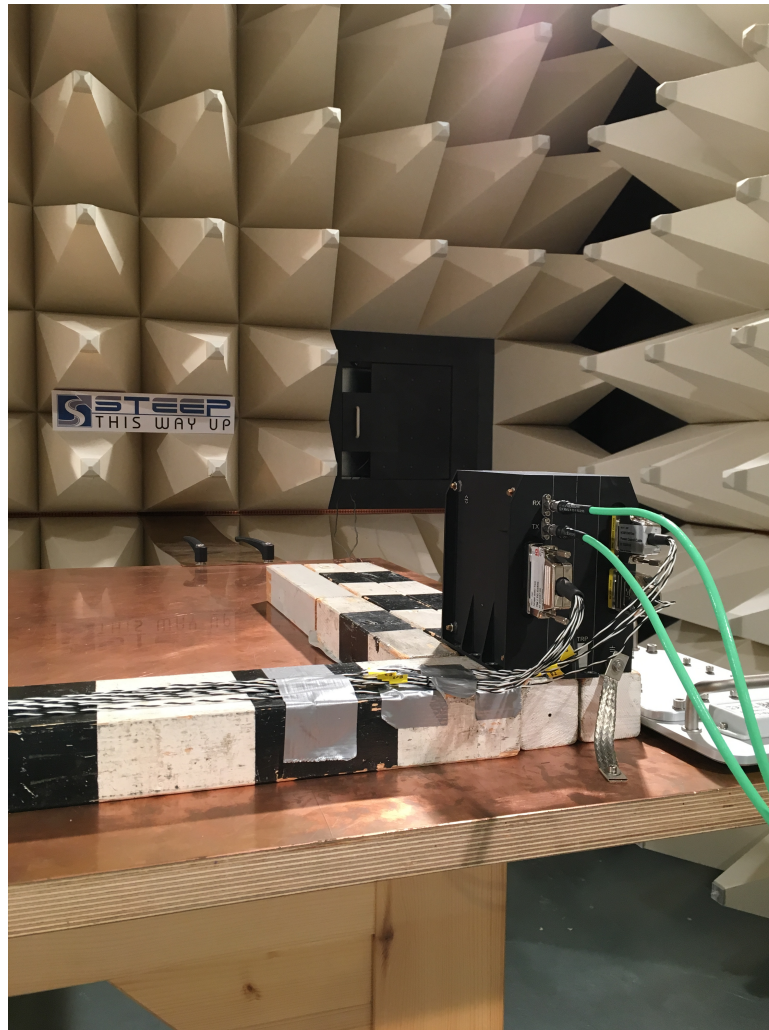


Abbildung 2.1: EMC-Test des EQM bei der steep GmbH in Ottobrunn.

Gemäß dem von Verbundpartner IQW entwickelten Alternativdesign besteht die Nutzlast jetzt aus folgenden Komponenten:

NOBP-ENC Gehäuse des NEXT-OBP.

- Die vier Halterahmen für die einzelnen "Scheiben" des NEXT-OBP, in denen die jeweiligen Leiterplatten (NOBP-RFE, NOBP-CTR, NOBP-IF, NOBP-PSU) montiert werden. Zusammengesetzt ergeben die vier Rahmen das Gehäuse.
- Mechanische und thermische Schnittstelle zum Satelliten und deshalb dem Scope A zugeordnet.

NOBP-RFE Radio-Frontend mit Verstärkern, Mixern und Filtern.

- Schaltkreise zum Senden und Empfangen von RF-Signalen gemäß den in Referenz [Tes14] formulierten Anforderungen.
- Dem Scope B zugeordnet. Durch (zusätzliche) Sicherungsmaßnahmen im NOBP-IF Board (Scope A) wird sichergestellt, dass mögliche Fehlfunktionen nicht aus dem NEXT-OBP Richtung Satellit propagieren.

NOBP-CTR Controller Board mit Field Programmable Gate Array (FPGA), DSP, Random Access Memory (RAM), nichtflüchtiger Speicher, Analogue-to-Digital (A/D) und Digital to Analogue (D/A) Convertern.

- Digitale Signalverarbeitung. Die Kommunikationsexperimente wurden als Firmware für DSP und FPGA realisiert.
- Dem Scope B zugeordnet.

NOBP-FW Firmware für Betriebssystem, Software für Kommunikationsexperimente und FPGA Konfiguration.

- Firmware für das NOBP-CTR Board.
- Dem Scope B zugeordnet.

NOBP-IF Satellitenseitige Schnittstellenschaltkreise mit High Voltage (HV) HPC, BSM, Temperature Sensors Monitor (TSM) und den qualifizierten RF-Schnittstellen.

- Schaltkreise für die Schnittstellen mit direktem Kontakt zum Satelliten.
- Definitionsgemäß dem Scope A zugeordnet.

NOBP-PSU Power Supply Unit (PSU) mit HV HPC, BSM, Relais und DC-DC-Converter.

- Stromversorgung des NEXT-OBP.
- Dem Scope A zugeordnet.

Das GSE besteht aus folgenden Komponenten:

Tabelle 2.1: Übersicht über die Anzahl der zu erfüllenden Anforderungen.

Dokument	Anzahl Anforderungen	anwendbar	teilweise anwendbar	nicht anwendbar
DLR Anzuwendende Engineering Standards [DLR11b]	25	18	1	6
DLR Anzuwendende Management Anforderungen [DLR11a]	148	146	2	0
DLR Product Assurance & Safety Requirements [DLR10]	206	180	0	26
OHB General Equipment Requirements Document [OHB11]	808	360	71	377
OHB Configuration Control and Documentation Management Requirements [OHB12]	51	26	14	11
OHB Double Isolation Requirements [OHB13a]	29	21	3	5
OHB Product Assurance and Safety Requirements [OHB13b]	238	146	66	26
Tesat Interface Requirements [Tes14]	101	95	3	3
NEXT-OBP Technical Requirements	151	151	0	0
Gesamt	1757	1143	160	454

NOBP-MGSE Mechanical Ground Support Equipment (MGSE) wie beispielsweise der Transportkoffer.

NOBP-EGSE Electrical Ground Support Equipment (EGSE) bestehend aus einem Steuerrechner und Schnittstellenkarten.

NOBP-GND NEXT-OBP Ground Terminal für Funktions- und Performancetests.

In Tabelle 2.1 sind alle zu erfüllenden Anforderungen quantitativ aufgelistet. Das NEXT-OBP-GEOSat Projekt musste somit 1143 Anforderungen vollumfänglich und 160 Anforderungen teilweise erfüllen. Insgesamt sind das 1303 zu berücksichtigende Anforderungen, von denen lediglich 151 vom Projekt selbst formuliert wurden.

Für das DLR-KN ergaben sich durch den Wegfall der ursprünglich geplanten kommerziellen Umsetzung folgende neue Aufgaben, die zum Zeitpunkt der Antragstellung nicht absehbar waren:

- Beauftragung der Gehäuse-Fertigung (Scope A)
- Beschaffung von qualifizierten Scope A Bauteilen für NOBP-PSU
- Beschaffung von qualifizierten Scope A Bauteilen für NOBP-IF (ursprünglich Scope B)
- Qualifizierungsmaßnahmen für die Scope A Baugruppen
- Erhöhter Aufwand für Projektleitung und Qualitätssicherungsmaßnahmen für die zu entwickelnden Baugruppen bzw. die Gesamtnutzlast

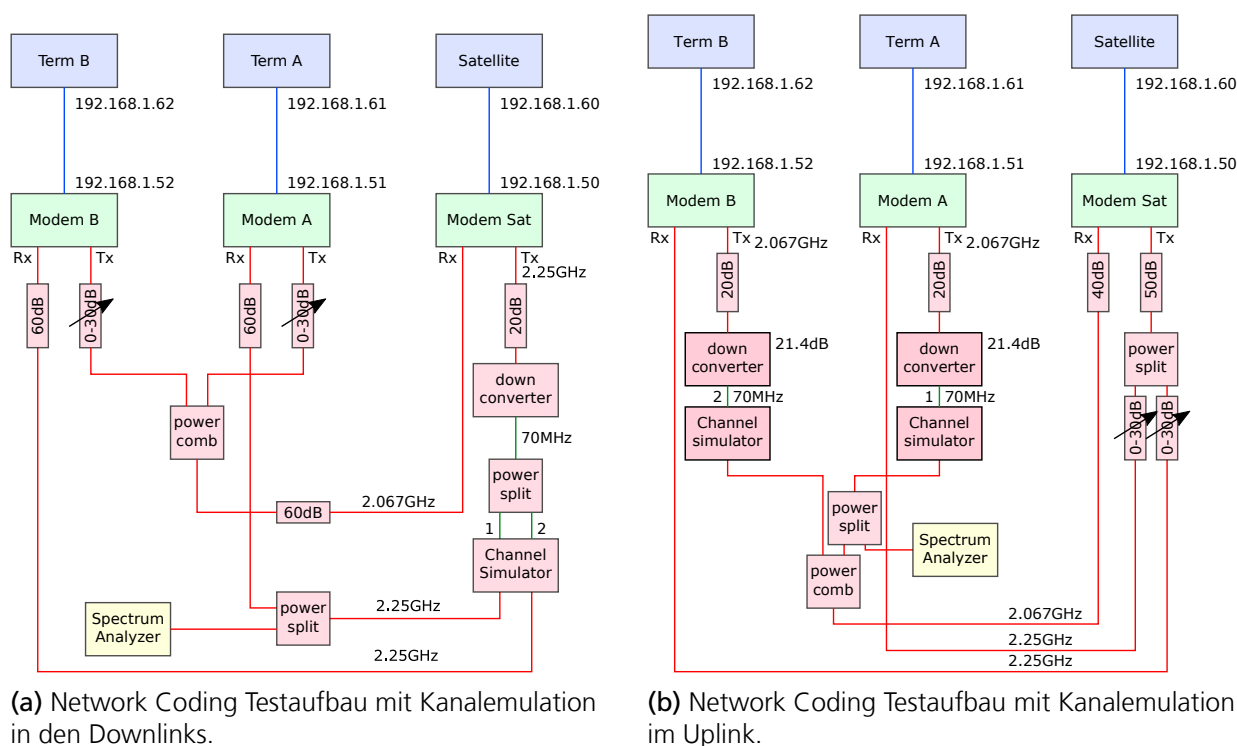


Abbildung 2.2: Schematische Network Coding Testaufbauten.

Das DLR-KN beantragte deswegen während der Projektlaufzeit zusätzliche Fördermittel, um diese Aufgaben bewältigen zu können.

2.1.2 Softwareentwicklung und Softwareverifikation

Softwareentwicklung

Die Software für das Network Coding Experiment wurde auf den Bodenstationsmodems des Vorgängerprojekts "NEXT - Network Coding Satellite Experiment" [Bis+12] weiterentwickelt und umfangreich getestet. Hierzu wurde der in Abbildung 2.2 dargestellte Testaufbau realisiert und Softwareentwicklung, Anpassungen und Tests für das Experiment durchgeführt. Insbesondere wurde die Software dahingehend angepasst und getestet, dass die für das Experiment erforderliche Zeitsynchronisation zwischen den Terminals bei der Time Division Multiplex Access (TDMA) Übertragung und die Zuordnung der Pakete für das Network Coding auch bei einer für geostationäre Satelliten üblichen Übertragungsverzögerung (Delay) der Datenpakete funktioniert. Des Weiteren wurden Langzeittests zur Fehleranfälligkeit und Stabilität der Software durchgeführt. Insbesondere wurde folgende Weiterentwicklungen und Tests mit der Software für das Network Coding Experiment durchgeführt:

- Anpassung der Software für das Network Coding Experiment für ein Delay von 125 ms

Da beim Network Coding (siehe Anwendungsbeispiel in Abbildung 2.3) die gesendeten Pakete im

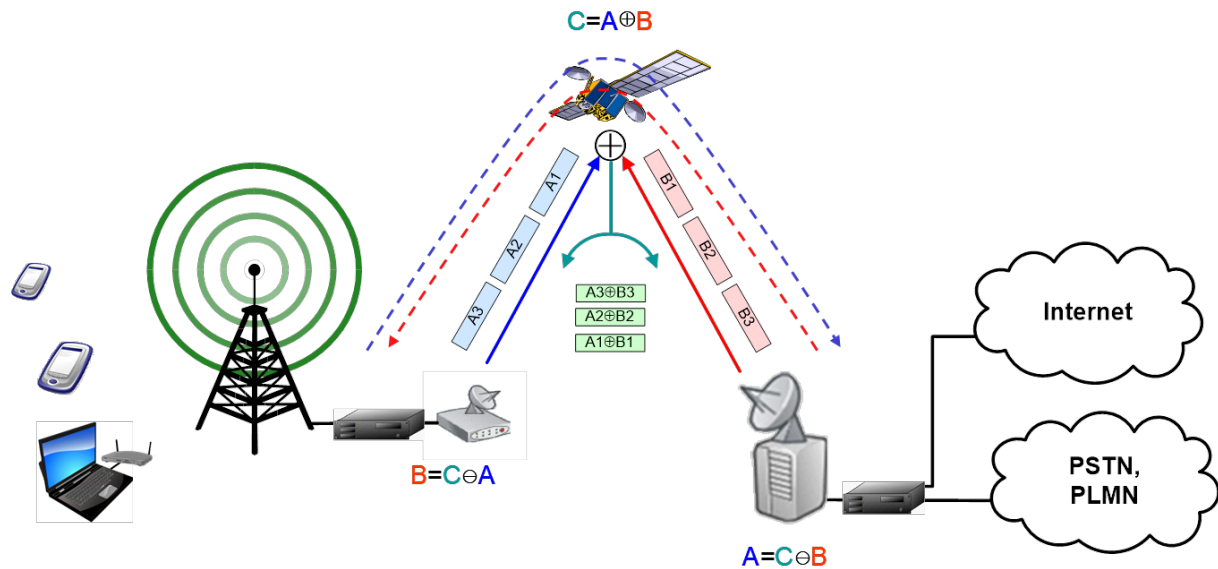


Abbildung 2.3: Network Coding für das Anwendungsbeispiel "Backhauling über Satellit".

Terminal gespeichert werden müssen, bis das betreffende netzcodierte Paket vom Satelliten zurückkommt, ist das Delay ein wichtiger Aspekt bei der Auslegung der Network Coding Software. Hierzu wurden Anpassungen an der Software vorgenommen, damit das Network Coding auch bei einem für Geostationary Orbit (GEO) Satellitensysteme üblichen Delay von 125 ms (zwischen Terminal und Satellit) funktioniert.

- Testung der Network Coding Software für ein Delay von 125 ms

Mit der angepassten Software für das Network Coding Experiment wurden Tests für realistische Delays in den in Abbildung 2.2a und in Abbildung 2.2b dargestellten Testumgebungen durchgeführt. Im Block "Channel Simulator" wurde ein Delay von 125 ms emuliert, welches auch leicht variiert wurde.

Die angepasste Software für das Network Coding Experiment lieferte bei diesen Delays korrekte Ergebnisse, wodurch die Eignung der angepassten Network Coding Software für GEO Satellitensysteme verifiziert werden konnte.

- Realisierung einer softwarebasierten Testumgebung zum Monitoring von Paketfehlern in den Satellitenlinks
 - Terminal A → NEXT-OBP (Satellit)
 - Terminal B → NEXT-OBP (Satellit)
 - NEXT-OBP (Satellit) → Terminal A
 - NEXT-OBP (Satellit) → Terminal B

Mit diesen Tests kann die Übertragungsqualität in den Links überprüft werden, um die Sensitivität

von Network Coding bzgl. Übertragungsfehlern in den Satellitenlinks überprüfen zu können und um mögliche Fehlerursachen im Network Coding Experiment schneller lokalisieren zu können.

- Testung der Network Coding Software bei verschiedenen Output-Power Levels der Modems

Die Network Coding Software wurde bei verschiedenen Output-Power Levels der Modems getestet, da abhängig von diesen Power-Levels Nichtlinearitäten im Sendesignal entstehen können, welche die Übertragung beeinträchtigen können. Die für das Network Coding optimalen Output-Power Levels der Modems wurden durch die Tests ermittelt.

- Langzeittests mit den implementierten Testmodulen bzgl. Stabilität der angepassten Network Coding Software

In der Testumgebung wurden Langzeittests durchgeführt, um die Stabilität der angepassten Network Coding Software bei Übertragungsfehlern in den verschiedenen Satellitenlinks zu überprüfen. Auch bei Übertragungsfehlern in den verschiedenen Links liefen die Algorithmen zum Network Coding auch dann stabil, wenn in den Satellitenlinks vorübergehend Übertragungsfehler aufgetreten sind.

Wegen der erforderlichen Designanpassungen der NEXT-OBP Nutzlast sind die Bodenstationsmodems des Demonstrationssystems aus dem Vorgängerprojekt nicht mehr mit der neuen NEXT-OBP Hardware kompatibel und müssten durch neue, noch zu entwickelnde Modems ersetzt werden, falls in Zukunft ein System mit dieser neuen NEXT-OBP Hardware aufgebaut werden sollte. In diesem Fall wäre eine weitere Anpassung der Experimentsoftware an die neue NEXT-OBP Hardware sowie an die neuen Modems erforderlich. Dies kann erst dann durchgeführt werden, wenn neue Bodenstationsmodems vorhanden sind. Zudem hatte sich herausgestellt, dass manche der ursprünglich geplanten Experimente aufgrund der langen Projektlaufzeit aus wissenschaftlicher Sicht obsolet geworden sind. Diese Experimente werden nicht mehr weiterverfolgt.

Formale Prüfung des Quellcodes

Das DLR Raumfahrtmanagement bot einigen Technologiebeistellungen für den Heinrich-Hertz-Satelliten an, im Rahmen der Projektarbeit auf freiwilliger Basis den Quellcode der einzusetzenden Software von unabhängigen Fachleuten prüfen zu lassen. Für das DLR-KN war diese Möglichkeit eine willkommene Gelegenheit, den Quellcode der Experimente Network Coding und Reliable Multicast für den NEXT-OBP einer zusätzlichen Prüfung unterziehen zu können. Der Code des Experiments Multiuser Detection war ungeeignet, da die Routinen für den NEXT-OBP von äußerst geringer Komplexität sind und die Implementierung im Bodensegment für Grafikkarten geschrieben wurde. Der mögliche Nutzen stand in keinem Verhältnis zum erforderlichen Aufwand.

Diese Unterstützungsleistung wurde durch das Unternehmen BSSE System and Software Engineering (BSSE) erbracht. Zum einen erfolgte eine Beratung zu Programmierrichtlinien und Code-Optimierung, zum anderen untersuchte BSSE den Code hinsichtlich realer Fehler, Fehlerpotenzial und Optimierungsmöglichkeiten. Aus dem Prüfbericht konnten anschließend geeignete Maßnah-

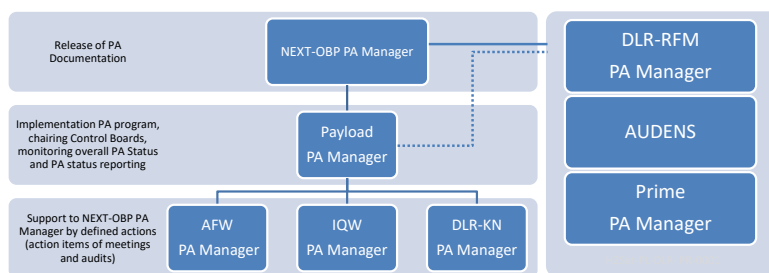


Abbildung 2.4: Verantwortlichkeiten Qualitätsmanagement.

Tabelle 2.2: Bewilligte Positionen laut letztem Änderungsbescheid und tatsächliche Ausgaben (jeweils in Euro).

Position	Bezeichnung	bewilligt	tatsächlich
0813	Material	93 066,68	81 615,65
0823	FE-Fremdleistungen	0,00	0,00
0837	Personalkosten	353 178,64	368 615,77
0838	Reisekosten	18 600,00	15 582,33
0847	Vorhabenspezifische Abschreibungen	0,00	0,00
0850	Sonstige unmittelbare Vorhabenkosten	676 894,37	680 617,66
0856	Kosten innerbetrieblicher Leistungen	0,00	0,00
	Summe	1 141 739,69	1 146 431,41

men abgeleitet werden, um die Zuverlässigkeit der Implementierungen zu steigern. Die identifizierten Verbesserungsmöglichkeiten wurde bei der Überarbeitung des Quellcode der Software berücksichtigt.

2.1.3 Qualitätsmanagement

Wie in Abbildung 2.4 dargestellt bekleidete das DLR-KN die Rolle des gesamtverantwortlichen "Payload PA Managers".

Die damit verbundenen Aufgaben sind im NEXT-OBP Product Assurance Plan [AFW18] beschrieben, der gemäß den Anforderungen aus den mitgeltenden Unterlagen "DLR Product Assurance & Safety Requirements" [DLR10] und "OHV Product Assurance and Safety Requirements" [OHV13b] erstellt und vom DLR Raumfahrtmanagement freigegeben wurde.

Änderungsanträge, Fehlermeldungen, Sonderfreigaben und Teilefreigaben wurden gegebenenfalls gemäß Verfahrensanweisung [DLR16] prozessiert.

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Tabelle 2.2 zeigt die bewilligten Positionen laut letztem Änderungsbescheid sowie die tatsächlichen Ausgaben.

Die angegebenen Positionen untergliedern sich grob wie folgt:

Material: Qualifizierte Bauteile Scope A (DC-DC-Converter, aktive und passive EEE Komponenten, Steckverbinder, Leiterplatten, mechanische Bauteile etc.).

FE-Fremdleistungen: (keine)

Personalkosten: Mitarbeitende Kategorie I.

Reisekosten: Reisen zu Projekttreffen, Lieferanten und Reviews.

Vorhabenspezifische Abschreibungen: (keine)

Sonstige unmittelbare Vorhabenkosten: Strukturberechnung, Thermalanalyse, Engineering-Unterstützungsleistungen, Gehäusefertigung, Leiterplattenbestückung, Montage, EMC Tests, Vibrationstests, Pyro-Shock-Tests, Thermal-Vakuum-Tests, Qualitätssicherungsleistungen etc.

Kosten innerbetrieblicher Leistungen: (keine)

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Wie eingangs beschrieben war im Vergleich zu den im Antrag getroffenen Annahmen ein vollständiges Re-Design der Nutzlast-Hardware erforderlich.

Aus Sicht des DLR-KN konnten mit Fertigstellung und Übergabe des Flugmodells alle im Projektantrag formulierten Ziele erreicht werden. Mit dem NEXT-OBP wird es möglich sein, die Kommunikationsexperimente unter realen Bedingungen durchzuführen und auswerten zu können. Aufgrund der Rekonfigurierbarkeit der Plattform können sogar nachträgliche Modifikationen und Verbesserungen der Algorithmen eingepflegt werden.

Der NEXT-OBP als Hauptergebnis hat einen sehr hohen Nachhaltigkeitsgrad und die geleistete Arbeit erscheint – trotz geringfügiger Kostensteigerungen – notwendig und angemessen.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen

2.4.1 Wissenschaftlicher Nutzen

Mit den Software-Anpassungen bei der Network Coding Software und mit den durchgeführten Softwaretests in einer realistischen Testumgebung konnte erreicht und verifiziert werden, dass sich die Software mit den Network Coding Algorithmen auch für GEO Satellitensysteme eignet, bei denen die Signallaufzeit (Delay) bekanntlich relativ groß ist (ca. 125 ms auf dem Link Terminal – Satellit) und bei denen Übertragungsfehler in den Satellitenlinks zu erwarten sind. Damit wurde eine wichtige wissenschaftliche Basis und das notwendige Know-How für eine mögliche Einführung von Network Coding in einem künftigen GEO Satellitensystem mit On-board Prozessierung geschaffen.

In [Bis+16] wurde vom DLR-KN auf die Möglichkeit und Vorteile hingewiesen, Network Coding in künftigen Satellitensystemen mit On-board Prozessierung einzusetzen.

2.4.2 Wirtschaftlicher Nutzen

Die neuartigen Technologien, die mit der NEXT-OBP Nutzlast entwickelt und demonstriert werden sollen, haben im Bereich der Satellitenkommunikation eine viel versprechende wirtschaftliche Perspektive. Bisherige Recherchen ergaben, dass derzeit keine Anbieter von Satellitenkommunikationsdiensten existieren, die Network-Coding-Prinzipien anwenden.

Generell können mit diesen Technologien sehr bandbreiteneffiziente und damit kostengünstige Dienste angeboten werden, was eine Einsparung von elektrischer Leistung im Satelliten erlaubt. Wir erwarten deshalb, dass sich derartige Technologien zukünftig zunehmend durchsetzen werden. Aufbauend auf den angestrebten wissenschaftlichen Ergebnissen dieses Projekts sollten auch Hardware- und/oder Softwarelösungen in diesem Bereich eine kommerzielle Perspektive haben können. Eine Markteinführung dieser neu entwickelten Übertragungsverfahren ist mittelfristig in Zeiträumen von ca. 10 Jahren zu sehen.

Der geplante Mitflug der Nutzlast auf einem geostationären Satelliten ist ein großer Vorteil für die Forschung und für die Industrie in Deutschland, da auf diese Weise die neuen Technologien in einem realen Satellitensystem mit allen Einflüssen (z.B. Regendämpfungen und Szintillation im Ka-Band, Implementierungsverluste usw.) demonstriert, getestet und optimiert werden können. Dadurch kann die Entwicklung hin zu einem marktfähigen Produkt erheblich beschleunigt werden.

Im Rahmen des Projekts verwertbare Beiträge vom DLR-KN sind die grundsätzlichen Übertragungs- bzw. Codieralgorithmen sowie deren Implementierung in Software. Allerdings kann das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) selbst nicht unternehmerisch tätig werden, so dass andere Wege für die anschließende Verwertung gefunden werden müssen. Denkbar ist beispielsweise die Vergabe von Lizenzen an den Verbundpartner IQ wireless GmbH (IQW) oder an Dritte.

Derzeit ist noch nicht absehbar, ob im Rahmen dieses Projekts schutzfähige wissenschaftlich-technische Lösungen entstehen. Wir gehen allerdings grundsätzlich davon aus, dass aufgrund des hohen Innovationsgrades der einzusetzenden Technologien Patenterteilungen einen wichtigen Wettbewerbsvorteil verschaffen können. Deshalb werden diese Möglichkeiten in Absprache mit dem Verbundpartner IQ wireless GmbH (IQW) fortwährend geprüft und im positiven Fall in Patentanträge umgesetzt.

2.5 Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt

In der uns zugänglichen Fachliteratur sowie auf den von uns besuchten Konferenzen und Veranstaltungen wurden keine Arbeiten beschrieben, die eine ähnliche Zielsetzung haben.

2.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

2.6.1 Erfolgte Veröffentlichungen

- [Bis+16] Hermann Bischl u. a. "Die Zukunft der Satellitenkommunikation". In: *Die Zukunft der Satellitenkommunikation, Ein Weißbuch der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE (ITG)*. VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., 2016.
- [Wei+15] Andreas Weiland, Klaus Jäckel, Anton Donner und Hermann Bischl. "Baugruppen auf COTS-Basis für den NEXT On-Board Processor". In: *Proceedings 4. Nationale Konferenz "Satellitenkommunikation in Deutschland"* (Bonn, Germany). DLR Raumfahrtmanagement, März 2015.

2.6.2 Geplante Veröffentlichungen

Veröffentlichungen sind nach der erfolgreichen Verifikation im Orbit geplant.

2.6.3 Technische Dokumentation

- [AFWa] AFW. *After Conformal coating - Box Closure*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-9084 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWb] AFW. *After removal of conformal coating*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-9082 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWc] AFW. *After Rework*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-9083 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWd] AFW. *Box Opening*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-9081 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWe] AFW. *Check Test set up*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-9085 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWf] AFW. *Control Sheet Nachsetzen Relais*. H2SAT-WTPL-NEXT-RP-9002 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWg] AFW. *H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2601_GP250_annexes.pdf*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2601 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWh] AFW. *H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2602_MHD-052-EM_annexes.pdf*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2602 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWi] AFW. *H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2603_M3G5005S-EM_annexes.pdf*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2603 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWj] AFW. *H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2604_MHD-052-55-30-111-FM_annexes.pdf*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2604 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWk] AFW. *H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2605_MHD-052-44-30-121-FM_annexes.pdf*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2605 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.

[AFWI]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2606_MHD-052-13-30-111_EM_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2606 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWm]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2607_MHD-052-22-30-121_EM_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2607 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWn]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2608_M3G5005SCKA-FM_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2608 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWo]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2609_G10K4D453-FM_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2609 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWp]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2610_D55342K07B1H00RWL_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2610 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWq]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2611_M55342K09B6D19RWL_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2611 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWr]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2612_340102248B_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2612 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWs]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2613_340100101BDAM15PNMB1B7N_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2613 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWt]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2614_340100101BDEM9PNMB1B7N_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2614 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWu]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2615_JANS1N6642US_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2615 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWv]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2616_JANTVX1N6642US_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2616 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWw]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2617_JANS1N4462US_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2617 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWx]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2618_JANTXV1N4462US_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2618 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWy]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2619_OLS0449_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2619 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWz]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2620_ESCC300904104224KE_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2620 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWaa]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2621_M55342K06B10E0R_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2621 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWab]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2622_M55342K06B100ER_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2622 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWac]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2623_M55342K06B301R_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2623 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWad]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2624_CHPHR0603K1000FBW_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2624 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWae]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2625_340102001BDABMA15PSNMB_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2625 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.

[AFWaf]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2626_340102001BDEBMA9PSNMB_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2626 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWag]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2627_340102253B_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2627 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWah]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2628_340102002BDBBMA44PSNMB_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2628 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWai]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2629_JANS2N2907AUB_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2629 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWaj]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2630_JANSR2N7550T1_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2630 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWak]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2631_340100102BDBM44PNMB1C7N_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2631 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWal]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2632_Incoming_340200302B101_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2632 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWam]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2633_Incoming_340200230B312D50C04D85W_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2633 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWan]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2634_Incoming_340202405B_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2634 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWao]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2635_Incoming_CDR12BP680AFUR_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2635 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWap]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2636_Incoming_M55342K03B100ER_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2636 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWaq]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2637_Incoming_M55342K11B68D1R_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2637 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWar]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2638_M55342K12B51D1RWB_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2638 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWas]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2639_572019-00-100-NI_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2639 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWat]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2640_572019-00-101-NI_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2640 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWau]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2641_572019-00-102-NI_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2641 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWav]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2642_CDR12BP2R2ABUR_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2642 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWaw]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2643_CDR12BP100AFUR_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2643 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWax]	AFW. <i>H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2644_CDR12BP6R8ABUR_annexes.pdf</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2644 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
[AFWay]	AFW. <i>Rework on through hole position</i> . H2SAT-WTPL-NEXT-RP-9005 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.

- [AFWaz] AFW. *Rework VT1*. H2SAT-WTPL-NEXT-RP-9003 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFWba] AFW. *Rework XS33*. H2SAT-WTPL-NEXT-RP-9004 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.
- [AFW16a] AFW. *Fill-In Control Sheet - Relais placement*. H2SAT-WTPL-NEXT-PR-9002 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 21. Nov. 2016.
- [AFW16b] AFW. *Fill-In Control Sheet - VTI repair*. H2SAT-WTPL-NEXT-PR-9003 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 2. Dez. 2016.
- [AFW16c] AFW. *Fill-In Control Sheet - XS33 rework*. H2SAT-WTPL-NEXT-PR-9004 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 2. Dez. 2016.
- [AFW16d] AFW. *internal NRB PCBA incoming*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-9002 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 18. Nov. 2016.
- [AFW16e] AFW. *MIP Scope A (IP05 und IP08)*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4004 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. Nov. 2016.
- [AFW16f] AFW. *MIP Scope B (IP11 und IP14)*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4003 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. Nov. 2016.
- [AFW16g] AFW. *Modification-Repair Procedure IF-PCBA*. H2SAT-WTPL-NEXT-PR-9005 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 15. Dez. 2016.
- [AFW16h] AFW. *NEXT-OBP EQM MRR Procedure*. H2SAT-WTPL-NEXT-EQMMRR-0000 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 10. Juni 2016.
- [AFW16i] AFW. *NEXT-OBP Historical Record EQM*. H2SAT-WTPL-NEXT-LOG-0009 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 9. Dez. 2016.
- [AFW16j] AFW. *NEXT-OBP Montagereport*. H2SAT-WTPL-NEXT-IR-0000 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 6. Dez. 2016.
- [AFW16k] AFW. *NEXT-OBP Statement of Compliance to OHB Product Assurance and Safety Requirements*. H2SAT-WTPL-NEXT-SOC-0000 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 12. Dez. 2016.
- [AFW16l] AFW. *NEXT-OBP Thermal and Geometrical Model - Failure Case*. H2SAT-WTPL-NEXT-ML-0003 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Nov. 2016.
- [AFW16m] AFW. *NEXT-OBP Thermal and Geometrical Model - Heat Pipe Failure*. H2SAT-WTPL-NEXT-ML-0004 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Nov. 2016.
- [AFW16n] AFW. *NEXT-OBP Thermal and Geometrical Model - Nominal Case*. H2SAT-WTPL-NEXT-ML-0002 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Nov. 2016.
- [AFW16o] AFW. *Procurement Spec IF Board*. H2SAT-WTPL-NEXT-RQ-0710 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 16. Aug. 2016.
- [AFW16p] AFW. *Procurement Spec NOBP-ENC Bolt*. H2SAT-WTPL-NEXT-RQ-0712 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 16. Dez. 2016.

- [AFW16q] AFW. *Procurement Spec PSU Board*. H2SAT-WTPL-NEXT-RQ-0711 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 16. Aug. 2016.
- [AFW16r] AFW. *Visual inspection and dimension measurement of mechanical parts after painting*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0003 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 28. Nov. 2016.
- [AFW16s] AFW. *Visual inspection and dimension measurement of mechanical parts after surface treatment*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0002 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 12. Okt. 2016.
- [AFW17a] AFW. *Appendix A Empty fixture test curves*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0005_01_A01 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 1. Juni 2017.
- [AFW17b] AFW. *Appendix B Vibration test curves*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0005_01_A02 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 1. Juni 2017.
- [AFW17c] AFW. *Appendix Pyroshock test curves*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0006_01_A01 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 1. Juni 2017.
- [AFW17d] AFW. *EQM PTR T09 Full Performance Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4010 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 19. Mai 2017.
- [AFW17e] AFW. *EQM PTR T10 T11 Vibration Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4011 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. Mai 2017.
- [AFW17f] AFW. *EQM PTR T12 Pyroshock Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4012 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 13. Juni 2017.
- [AFW17g] AFW. *EQM PTR T13 Full Performance Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4015 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 31. Juli 2017.
- [AFW17h] AFW. *EQM PTR TV*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4013 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 20. Juni 2017.
- [AFW17i] AFW. *Incoming Inspection NOBP-IF PCB*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2770 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Okt. 2017.
- [AFW17j] AFW. *Incoming Inspection NOBP-IF PCBA*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2772 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 17. Nov. 2017.
- [AFW17k] AFW. *Incoming Inspection NOBP-PSU PCB*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2771 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Okt. 2017.
- [AFW17l] AFW. *Incoming Inspection NOBP-PSU PCBA*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2773 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 17. Nov. 2017.
- [AFW17m] AFW. *Minutes 17.07.2017 - Arbeitstreffen DLR-KN, IIS, AFW*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-9000 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 17. Juli 2017.
- [AFW17n] AFW. *MIP Scope A IF, PSU (IP06 und IP09)*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4008 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 20. Apr. 2017.
- [AFW17o] AFW. *MoM EEE-PCB higher level 20.06.2017*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-0660 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 1. Sep. 2017.
- [AFW17p] AFW. *MoM fortlaufend zu EEE-PCB workflow*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-0601 Issue 09. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 8. Juni 2017.

-
- [AFW17q] AFW. *MoM MPCB higher level 30.05.2017*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-0722 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 28. Juni 2017.
 - [AFW17r] AFW. *NEXT-OBP Environmental Test Specification*. H2SAT-WTPL-NEXT-TSPE-0002 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 25. Jan. 2017.
 - [AFW17s] AFW. *NEXT-OBP EQM As-Built Configuration List incl. EEE as-built*. H2SAT-WTPL-NEXT-ABCL-0001 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 28. März 2017.
 - [AFW17t] AFW. *NEXT-OBP EQM As-built Declared Component List (ADCL)*. H2SAT-WTPL-NEXT-DCL-0010 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 28. März 2017.
 - [AFW17u] AFW. *NEXT-OBP EQM TRR Procedure*. H2SAT-WTPL-NEXT-EQMTRR-0000 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 20. Feb. 2017.
 - [AFW17v] AFW. *NEXT-OBP Logistik Vorschrift*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0012 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 31. Jan. 2017.
 - [AFW17w] AFW. *NEXT-OBP Logistik Vorschrift / Ergänzung EMC-Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0017 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 26. Juli 2017.
 - [AFW17x] AFW. *NEXT-OBP Montageanleitung*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0006 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 31. Jan. 2017.
 - [AFW17y] AFW. *NEXT-OBP RFA Statusliste*. H2SAT-WTPL-NEXT-RFA-0000 Issue 04. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 2. Feb. 2017.
 - [AFW17z] AFW. *NEXT-OBP Technical Note NEXT-OBP LISN Impedance*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0016 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 9. Juni 2017.
 - [AFW17aa] AFW. *NEXT-OBP Test Procedures Mechanical Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0004 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 1. Feb. 2017.
 - [AFW17ab] AFW. *NEXT-OBP Test Procedures Thermal Vacuum Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0005 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 2. Feb. 2017.
 - [AFW17ac] AFW. *NEXT-OBP Test Report Environmental Test - TV Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0007 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 23. Juni 2017.
 - [AFW17ad] AFW. *NEXT-OBP Test Report Environmental Tests - Pyroshock Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0006 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 1. Juni 2017.
 - [AFW17ae] AFW. *NEXT-OBP Test Report Environmental Tests - Vibration Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0005 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 1. Juni 2017.
 - [AFW17af] AFW. *NOBP MPCB Questionnaire European*. H2SAT-WTPL-NEXT-LI-0720 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 9. Mai 2017.
 - [AFW17ag] AFW. *NRB close out 30.03.2017*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-9003 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 31. März 2017.
 - [AFW17ah] AFW. *Visual inspection after finishing EMC/ESD test activities*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0019 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 25. Aug. 2017.
 - [AFW17ai] AFW. *Visual inspection after finishing of test activities at AFW facilities*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0018 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 31. Juli 2017.
-

- [AFW17aj] AFW. *Visual inspection after PCBAs assembling into slices*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0016 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 20. Apr. 2017.
- [AFW17ak] AFW. *Visual inspection and dimension measurement of mechanical parts after machining*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0001 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 26. Sep. 2017.
- [AFW17al] AFW. *Visual inspection of NOBP-CTR PCBA after conformal coating*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0015 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 23. Feb. 2017.
- [AFW17am] AFW. *Visual inspection of NOBP-CTR PCBA after equipping and electrical pre-testing (MIP)*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0014 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. Nov. 2017.
- [AFW17an] AFW. *Visual inspection of NOBP-CTR PCBs after manufacturing and electrical pre-testing*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0013 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 16. Sep. 2017.
- [AFW17ao] AFW. *Visual inspection of NOBP-IF PCBA after conformal coating*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0009 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 6. Jan. 2017.
- [AFW17ap] AFW. *Visual inspection of NOBP-IF PCBA after equipping and electrical pre-testing (MIP)*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0008 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. Nov. 2017.
- [AFW17aq] AFW. *Visual inspection of NOBP-IF PCBs after manufacturing and electrical pre-testing*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0007 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Okt. 2017.
- [AFW17ar] AFW. *Visual inspection of NOBP-PSU PCBA after conformal coating*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0006 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 6. Jan. 2017.
- [AFW17as] AFW. *Visual inspection of NOBP-PSU PCBA after equipping and electrical pre-testing (MIP)*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0005 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. Nov. 2017.
- [AFW17at] AFW. *Visual inspection of NOBP-PSU PCBs after manufacturing and electrical pre-testing*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0004 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Okt. 2017.
- [AFW17au] AFW. *Visual inspection of NOBP-RFE PCBA after conformal coating*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0012 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. März 2017.
- [AFW17av] AFW. *Visual inspection of NOBP-RFE PCBA after equipping and electrical pre-testing (MIP)*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0011 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. Nov. 2017.
- [AFW17aw] AFW. *Visual inspection of NOBP-RFE PCBs after manufacturing and electrical pre-testing*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0010 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Okt. 2017.
- [AFW17ax] AFW. *Visual inspection prior to NOBP Box closure (MIP)*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0017 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 20. Apr. 2017.

- [AFW18a] AFW. *Internal NRB data logger fail NCR-0008 delta test*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-9006 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 26. Apr. 2018.
- [AFW18b] AFW. *MIP NCR 0008 am 20.03.2018*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4021 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 20. März 2018.
- [AFW18c] AFW. *MoM EEE-PCB higher level 21.06.2018*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-0661 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 22. Juni 2018.
- [AFW18d] AFW. *MoM MPCB close out higher level 21.08.2018*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-0725 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 18. Okt. 2018.
- [AFW18e] AFW. *MoM MPCB higher level 18.07.2018*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-0723 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 23. Juli 2018.
- [AFW18f] AFW. *MoM MPCB higher level 21.08.2018*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-0724 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 18. Okt. 2018.
- [AFW18g] AFW. *NCR-0009 EMC Delta Testergebnisse Telko*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-9009 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 10. Okt. 2018.
- [AFW18h] AFW. *NEXT-OBP Bonding Test Summary Report*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0026 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 2. Aug. 2018.
- [AFW18i] AFW. *NEXT-OBP Declared Mechanical Parts (DMPL)*. H2SAT-WTPL-NEXT-LI-0703 Issue 06. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 27. Sep. 2018.
- [AFW18j] AFW. *NEXT-OBP Declared Process List (DPL)*. H2SAT-WTPL-NEXT-LI-0704 Issue 05. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 27. Sep. 2018.
- [AFW18k] AFW. *NEXT-OBP EEE PCB Report*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-6000 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 13. Feb. 2018.
- [AFW18l] AFW. *NEXT-OBP Environmental Test Specification PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TSPE-0004 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 3. Aug. 2018.
- [AFW18m] AFW. *NEXT-OBP Inspection Report (IRPT) incl. Mandatory Inspection Point; incl. Key Inspection Point*. H2SAT-WTPL-NEXT-IRPT-0000 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 3. Juli 2018.
- [AFW18n] AFW. *NEXT-OBP Internal NRB - Minutes H2SAT-WTPL-NEXT-RFD-0017 Phase margin & gain margin*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-5017 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 13. Sep. 2018.
- [AFW18o] AFW. *NEXT-OBP Manufacturing, Assembly, Integration, Verification & Test Plan (MAIVT)*. H2SAT-WTPL-NEXT-MAIVT-0000 Issue 04. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 12. Okt. 2018.
- [AFW18p] AFW. *NEXT-OBP Mathematical Model Description and Delivery Document (MMDD)*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0011 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 10. Okt. 2018.
- [AFW18q] AFW. *NEXT-OBP MPCB Close Out Report*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-7000 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 15. Juni 2018.
- [AFW18r] AFW. *NEXT-OBP PAD Statusliste*. H2SAT-WTPL-NEXT-PAD-0000 Issue 08. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 25. Juli 2018.

- [AFW18s] AFW. *NEXT-OBP PFM MRR 2 MoM*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4024 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 19. Dez. 2018.
- [AFW18t] AFW. *NEXT-OBP PFM MRR Procedure*. H2SAT-WTPL-NEXT-PFMMRR-0000 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 27. Sep. 2018.
- [AFW18u] AFW. *NEXT-OBP PFM NOBP-SAT*. H2SAT-WTPL-NEXT-LOG-0018 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 9. Okt. 2018.
- [AFW18v] AFW. *NEXT-OBP Product Assurance Plan*. H2SAT-WTPL-NEXT-PAP-0000 Issue 08. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 19. Juni 2018.
- [AFW18w] AFW. *NEXT-OBP Radiation Analysis*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0007 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 15. Okt. 2018.
- [AFW18x] AFW. *NEXT-OBP Reduced Thermal Model Description*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0034 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 25. Juli 2018.
- [AFW18y] AFW. *NEXT-OBP Refurbishment*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0032 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 22. Feb. 2018.
- [AFW18z] AFW. *NEXT-OBP Safety Verification Tracking Log*. H2SAT-WTPL-NEXT-LI-4000 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 27. Juli 2018.
- [AFW18aa] AFW. *NEXT-OBP Structural Analysis Report*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0001 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 10. Okt. 2018.
- [AFW18ab] AFW. *NEXT-OBP Structural Model*. H2SAT-WTPL-NEXT-ML-0001 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 9. Mai 2018.
- [AFW18ac] AFW. *NEXT-OBP Summary Report Physical Properties*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0021 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 15. Mai 2018.
- [AFW18ad] AFW. *NEXT-OBP TCS Analysis Report*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0002 Issue 05. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 15. Nov. 2018.
- [AFW18ae] AFW. *NEXT-OBP Thermal and Geometrical Model Description*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0005 Issue 04. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 9. Okt. 2018.
- [AFW18af] AFW. *NRB c/o on failed radiated emissions*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-9010 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 22. Okt. 2018.
- [AFW18ag] AFW. *NRB close out 18.01.2018*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-9004 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 22. Jan. 2018.
- [AFW18ah] AFW. *Spec SMT Soldering process NOBP-IF & NOBP-PSU*. H2SAT-WTPL-NEXT-RQ-0716 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 28. Feb. 2018.
- [AFW18ai] AFW. *Surface treatment - transparent passivated*. H2SAT-WTPL-NEXT-RQ-0765 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 10. Okt. 2018.
- [AFW19a] AFW. *Annex on H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2729 and H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2730*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-7201 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. März 2019.
- [AFW19b] AFW. *Appendix Test Curves Thermal Vacuum Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0012_A01 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 9. Okt. 2019.

-
- [AFW19c] AFW. *Appendix Test Curves Vibration Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0011_A01 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 27. Juni 2019.
 - [AFW19d] AFW. *Assembly Router IF Board*. H2SAT-WTPL-NEXT-RP-0001 Issue 2-4. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 6. Feb. 2019.
 - [AFW19e] AFW. *Assembly Router PSU Board*. H2SAT-WTPL-NEXT-RP-0000 Issue 2-3. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 6. Feb. 2019.
 - [AFW19f] AFW. *Degolded IF-Dummy SN_1-1*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2725 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Feb. 2019.
 - [AFW19g] AFW. *Degolded IF-Dummy SN_3-2*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2726 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Feb. 2019.
 - [AFW19h] AFW. *Endabnahme NOBP-IF*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2727 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 14. Feb. 2019.
 - [AFW19i] AFW. *Endabnahme NOBP-PSU*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2728 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 14. Feb. 2019.
 - [AFW19j] AFW. *Incoming NOBP-IF, NOBP-PSU, NOBP-RFE, NOBP-CTRL*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2731 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Feb. 2019.
 - [AFW19k] AFW. *Incoming_NOBP-IF*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2729 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 15. Feb. 2019.
 - [AFW19l] AFW. *Incoming_NOBP-PSU*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2730 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 15. Feb. 2019.
 - [AFW19m] AFW. *NEXT-OBP Anleitung Absorbermaterial Integration NOBP-RFE*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-2002 Issue 2-0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 28. März 2019.
 - [AFW19n] AFW. *NEXT-OBP Bonding and Isolation Test Prozedure PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0019 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 12. März 2019.
 - [AFW19o] AFW. *NEXT-OBP Bonding Test Summary Report (PFM)*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0035 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Dez. 2019.
 - [AFW19p] AFW. *NEXT-OBP Declared Material List (DML)*. H2SAT-WTPL-NEXT-LI-0702 Issue 08. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 18. Apr. 2019.
 - [AFW19q] AFW. *NEXT-OBP Justification on EMC representative results*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-4005 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 3. Juli 2019.
 - [AFW19r] AFW. *NEXT-OBP Montageanleitung Box // English: NOBP-SAT Electrical and Mechanical Integration Procedure (MAIT)*. H2SAT-WTPL-NEXT-PR-4205 Issue 04. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. März 2019.
 - [AFW19s] AFW. *NEXT-OBP Montageanleitung CTR-Slice // English: NOBP-CTR Electrical and Mechanical Integration Procedure (MAIT)*. H2SAT-WTPL-NEXT-PR-4203 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. März 2019.
 - [AFW19t] AFW. *NEXT-OBP Montageanleitung IF-Slice // English: NOBP-IF Electrical and Mechanical Integration Procedure (MAIT)*. H2SAT-WTPL-NEXT-PR-4201 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. März 2019.
-

- [AFW19u] AFW. *NEXT-OBP Montageanleitung PSU-Slice // English: NOBP-PSU Electrical and Mechanical Integration Procedure (MAIT)*. H2SAT-WTPL-NEXT-PR-4204 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. März 2019.
- [AFW19v] AFW. *NEXT-OBP Montageanleitung RFE-Slice // English: NOBP-RFE Electrical and Mechanical Integration Procedure (MAIT)*. H2SAT-WTPL-NEXT-PR-4202 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. März 2019.
- [AFW19w] AFW. *NEXT-OBP NCR Statusliste*. H2SAT-WTPL-NEXT-NCR-0000 Issue 15. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Dez. 2019.
- [AFW19x] AFW. *NEXT-OBP PFM As-Built Configuration List*. H2SAT-WTPL-NEXT-ABCL-0002 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 27. Mai 2019.
- [AFW19y] AFW. *NEXT-OBP PFM MIP 02*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4202 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Juni 2019.
- [AFW19z] AFW. *NEXT-OBP PFM MIP01 PCBAs after electrical testing before conformal coating"Scope A mit Anlagen A01 und A02*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4201 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 7. März 2019.
- [AFW19aa] AFW. *NEXT-OBP PFM MIP01 PCBAs after electrical testing before conformal coating"Scope B*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4200 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 7. März 2019.
- [AFW19ab] AFW. *NEXT-OBP PFM Summary Report Physical Properties*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0036 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Dez. 2019.
- [AFW19ac] AFW. *NEXT-OBP PFM TRR Procedure*. H2SAT-WTPL-NEXT-PFMTRR-0000 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 13. März 2019.
- [AFW19ad] AFW. *NEXT-OBP RFD / RFW Statusliste*. H2SAT-WTPL-NEXT-RFDRFW-0000 Issue 20. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Dez. 2019.
- [AFW19ae] AFW. *NEXT-OBP Test Procedures Mechanical Tests PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0016 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 6. Mai 2019.
- [AFW19af] AFW. *NEXT-OBP Test Procedures Thermal Vacuum Test PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0017 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 6. Mai 2019.
- [AFW19ag] AFW. *NEXT-OBP Zeitplan*. H2SAT-WTPL-NEXT-SCHED-0000 Issue 15. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 8. Mai 2019.
- [AFW19ah] AFW. *NOBP-IF soldering n 201986-02*. H2SAT-WTPL-NEXT-LI_7162 Issue 03. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 6. Feb. 2019.
- [AFW19ai] AFW. *NOBP-IF work preparation 201986-02*. H2SAT-WTPL-NEXT-LI_7161 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 28. Jan. 2019.
- [AFW19aj] AFW. *NOBP-PSU soldering n 201987-02*. H2SAT-WTPL-NEXT-LI_7164 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 28. Jan. 2019.
- [AFW19ak] AFW. *NOBP-PSU work preparation 201987-02*. H2SAT-WTPL-NEXT-LI_7163 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 28. Jan. 2019.
- [AFW19al] AFW. *NRB on H2SAT-WTPL-NEXT-NCR-0012*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-9011 Issue 01. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 19. März 2019.

- [AFW19am] AFW. *Re-Inspection_Dummy_NOBP-IF_SN1-1*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2722 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Jan. 2019.
- [AFW19an] AFW. *Re-Inspection_Dummy_NOBP-PSU_SN3-2*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2724 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Jan. 2019.
- [AFW19ao] AFW. *Re-Inspection_PFM_NOBP-IF_SN2-1*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2721 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Jan. 2019.
- [AFW19ap] AFW. *Re-Inspection_PFM_NOBP-PSU_SN4-1*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2723 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 24. Jan. 2019.
- [AFW19aq] AFW. *Test Report Environmental Tests - Thermal Vacuum Test NEXT-OBP Unit PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0012 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 4. Dez. 2019.
- [AFW19ar] AFW. *Test Report Environmental Tests - Vibration Test NEXT-OBP Unit PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0011 Issue 02. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Dez. 2019.
- [AFW19as] AFW. *Visual Inspection w.r.t IP37*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-2732 Issue 0. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 5. Dez. 2019.
- [AFW20a] AFW. *NEXT-OBP Hazard Analysis*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-4002 Issue 06. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. Mai 2020.
- [AFW20b] AFW. *NEXT-OBP Inspection Report (IRPT) incl. Mandatory Inspection Point; incl. Key Inspection Point*. H2SAT-WTPL-NEXT-IRPT-0001 Issue 00. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 12. Feb. 2020.
- [AFW20c] AFW. *NEXT-OBP MIP/KIP Plan*. H2SAT-WTPL-NEXT-IP-0000 Issue 08. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 12. Feb. 2020.
- [AFW20d] AFW. *NEXT-OBP Risk Assessment Report and Risk Register (RAR)*. H2SAT-WTPL-NEXT-RAR-0000 Issue 11. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. Mai 2020.
- [AFW20e] AFW. *Safety Data Package (SDP)*. H2SAT-WTPL-NEXT-SDP-0000 Issue 05. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 29. Mai 2020.
- [DLR12a] DLR. *Compliance Matrix Phase B/C/D für die NEXT-OBP für anzuwendende Engineering Standards*. H2SAT-WTPL-NEXT-CME-0000 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 27. Sep. 2012.
- [DLR12b] DLR. *Compliance Matrix Phase B/C/D für die NEXT-OBP für anzuwendende Management Anforderungen*. H2SAT-WTPL-NEXT-CMM-0000 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 27. Sep. 2012.
- [DLR14] DLR. *Space Debris Mitigation Declaration (SDMD)*. H2SAT-WTPL-NEXT-SDMD-0000 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 31. Jan. 2014.
- [DLR16] DLR. *MoM Statusmeeting 2016-10-21*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-0000 Issue 00. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 21. Okt. 2016.
- [DLR17a] DLR. *EQM EMC/ESD Testprozedur*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4006 Issue 00. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 26. Jan. 2017.

- [DLR17b] DLR. *EQM TRR*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4005 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 24. Jan. 2017.
- [DLR17c] DLR. *EQM TRR Close Out*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4009 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 3. Apr. 2017.
- [DLR17d] DLR. *EQM TRR EMC/ESD Close Out*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4014 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 23. Juni 2017.
- [DLR17e] DLR. *NEXT-OBP Statement of Compliance to OHB Configuration Control and Documentation Management Requirements for Subcontractor and Supplier*. H2SAT-WTPL-NEXT-SOC-0001 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 19. Jan. 2017.
- [DLR18a] DLR. *EQM PTR Thermal Test NCR-0008*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4019 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 26. Apr. 2018.
- [DLR18b] DLR. *MoM Meeting Zeitplanung*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-0001 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 14. Juni 2018.
- [DLR18c] DLR. *NCR-0008 (Besprechung mit Rfm und Audens bei IQW)*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-9005 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 31. Jan. 2018.
- [DLR18d] DLR. *NEXT-OBP Answers to SCISYS Experimenter Survey for the WT Mission*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0022 Issue 02. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 4. Feb. 2018.
- [DLR18e] DLR. *NEXT-OBP Applicable/Reference Documents and Acronyms (ARDA)*. H2SAT-WTPL-NEXT-ARDA-0000 Issue 07. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 30. Juli 2018.
- [DLR18f] DLR. *NEXT-OBP CDR RID FIN-T-0054*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-5018 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 15. Okt. 2018.
- [DLR18g] DLR. *NEXT-OBP EQM TRB am 11.07.2018*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4022 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 23. Juli 2018.
- [DLR18h] DLR. *NEXT-OBP PFM MRR 1 Board Report*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4023 Issue 01. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 19. Okt. 2018.
- [DLR18i] DLR. *NEXT-OBP Project Management Plan (PMP)*. H2SAT-WTPL-NEXT-PMP-0000 Issue 05. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 12. Okt. 2018.
- [DLR19a] DLR. *NEXT-OBP Export Control Information*. H2SAT-WTPL-NEXT-LI-0000 Issue 02. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 8. Feb. 2019.
- [DLR19b] DLR. *NEXT-OBP PFM Internal PTR and TRR*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4029 Issue 05. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 5. Dez. 2019.
- [DLR19c] DLR. *NEXT-OBP PFM MRR Close-out*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4026 Issue 00. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 13. Feb. 2019.
- [DLR19d] DLR. *NEXT-OBP PFM MRR Freigabe Bestückung Scope A*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4025 Issue 00. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 15. Jan. 2019.
- [DLR19e] DLR. *NEXT-OBP PFM TRR*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4027 Issue 00. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 23. Apr. 2019.

-
- [DLR19f] DLR. *NEXT-OBP PFM TRR Close-out*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4028 Issue 00. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 27. Mai 2019.
- [DLR20a] DLR. *Configuration Item Data List (CIDL) Incl. Drawing List Incl. Documentation Status List*. H2SAT-WTPL-NEXT-CIDL-0000 Issue 12. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 29. Mai 2020.
- [DLR20b] DLR. *NEXT-OBP Certificate of Conformance*. H2SAT-WTPL-NEXT-COC-0000 Issue 02. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 29. Mai 2020.
- [DLR20c] DLR. *NEXT-OBP PFM TRB am 22.11.2019*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4030 Issue 02. DLR Institut für Kommunikation und Navigation. 30. Jan. 2020.
- [IQW13] IQW. *NEXT-OBP Statement of Compliance Product Assurance and Safety Requirements (SOCPA)*. H2SAT-WTPL-NEXT-SOCPA-0000 Issue 01. IQ wireless GmbH. 16. Apr. 2013.
- [IQW14a] IQW. *NEXT-OBP NOBP-RTM Test Document*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0003 Issue 01. IQ wireless GmbH. 7. Nov. 2014.
- [IQW14b] IQW. *NEXT-OBP Statement of Compliance Double Isolation Requirements (SOCDI)*. H2SAT-WTPL-NEXT-SOCDI-0000 Issue 01. IQ wireless GmbH. 15. Okt. 2014.
- [IQW14c] IQW. *NEXT-OBP Statement of Compliance GERD (SOCGERD)*. H2SAT-WTPL-NEXT-SOCGERD-0000 Issue 03. IQ wireless GmbH. 15. Okt. 2014.
- [IQW14d] IQW. *NEXT-OBP Statement of Compliance Interface Requirement Document (SOCIRD)*. H2SAT-WTPL-NEXT-SOCIRD-0000 Issue 04. IQ wireless GmbH. 26. März 2014.
- [IQW14e] IQW. *Technical Requirements Specification (TS)*. H2SAT-WTPL-NEXT-TS-0000 Issue 06. IQ wireless GmbH. 5. Dez. 2014.
- [IQW14f] IQW. *Testprotokoll NOBP file transfer BBM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0001 Issue 00. IQ wireless GmbH. 7. Nov. 2014.
- [IQW14g] IQW. *Testprotokoll NOBP-RFE BBM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0002 Issue 00. IQ wireless GmbH. 7. Nov. 2014.
- [IQW16a] IQW. *NEXT-OBP Part Stress Analysis and Reliability Prediction*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0003 Issue 02. IQ wireless GmbH. 30. Sep. 2016.
- [IQW16b] IQW. *NEXT-OBP SEE Analysis for NOBP-RFE-Tx*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0013 Issue 00. IQ wireless GmbH. 11. Nov. 2016.
- [IQW16c] IQW. *NOBP-ENC Bolt*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0005 Issue 01. IQ wireless GmbH. 10. Aug. 2016.
- [IQW17a] IQW. *Change of detailed procurement specs of EEE-PCB approved DCL items*. H2SAT-WTPL-NEXT-CP-0004 Issue 01. IQ wireless GmbH. 24. Nov. 2017.
- [IQW17b] IQW. *EQM PTR EMC/ESD*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4017 Issue 01. IQ wireless GmbH. 24. Aug. 2017.
- [IQW17c] IQW. *EQM PTR T14 Full Performance Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-MOM-4018 Issue 01. IQ wireless GmbH. 18. Okt. 2017.
- [IQW17d] IQW. *Grounding Stud*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0012 Issue 02. IQ wireless GmbH. 8. Sep. 2017.
-

- [IQW17e] IQW. *NEXT-OBP Investigations for NCR-0009 (EMC/RE-Test fails)*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0018 Issue 01. IQ wireless GmbH. 27. Nov. 2017.
- [IQW17f] IQW. *NEXT-OBP NOBP-EGSE Description*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0009 Issue 01. IQ wireless GmbH. 31. März 2017.
- [IQW17g] IQW. *NEXT-OBP Test Report - Functional Tests NOBP-SAT Unit*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0004 Issue 01. IQ wireless GmbH. 18. Okt. 2017.
- [IQW17h] IQW. *NOBP-ENC Kabelbank*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0006 Issue 02. IQ wireless GmbH. 8. Sep. 2017.
- [IQW18a] IQW. *Declared Components List (DCL)*. H2SAT-WTPL-NEXT-DCL-0000 Issue 08. IQ wireless GmbH. 25. Juli 2018.
- [IQW18b] IQW. *NEXT-OBP Computer Aided Design Model Description (CADMDD)*. H2SAT-WTPL-NEXT-CADMDD-0000 Issue 01. IQ wireless GmbH. 15. Juni 2018.
- [IQW18c] IQW. *NEXT-OBP Connector Interface Data Sheet (CIDS)*. H2SAT-WTPL-NEXT-ICD-0002 Issue 03. IQ wireless GmbH. 6. Nov. 2018.
- [IQW18d] IQW. *NEXT-OBP Current Limiter Analysis Report*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0008 Issue 01. IQ wireless GmbH. 15. Okt. 2018.
- [IQW18e] IQW. *NEXT-OBP Derating Analysis Sheets*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0006 Issue 02. IQ wireless GmbH. 24. Juli 2018.
- [IQW18f] IQW. *NEXT-OBP Double Isolation Analysis Document including Verification Control*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0004 Issue 00. IQ wireless GmbH. 9. Juli 2018.
- [IQW18g] IQW. *NEXT-OBP Electrical Interfaces Analyses*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0024 Issue 00. IQ wireless GmbH. 31. Juli 2018.
- [IQW18h] IQW. *NEXT-OBP EQM EMC NRB Tests IQW Report*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0020 Issue 01. IQ wireless GmbH. 15. Jan. 2018.
- [IQW18i] IQW. *NEXT-OBP Failure Modes Effects Analysis (FMEA)*. H2SAT-WTPL-NEXT-FMEA-0000 Issue 04. IQ wireless GmbH. 2. März 2018.
- [IQW18j] IQW. *NEXT-OBP Firmware Requirements Review Report*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0025 Issue 00. IQ wireless GmbH. 3. Aug. 2018.
- [IQW18k] IQW. *NEXT-OBP Grounding Diagramm*. H2SAT-WTPL-NEXT-ICD-0003 Issue 03. IQ wireless GmbH. 6. Nov. 2018.
- [IQW18l] IQW. *NEXT-OBP Massen der Bauelemente und Bauteilsicherungen*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-2001 Issue 01. IQ wireless GmbH. 20. Juni 2018.
- [IQW18m] IQW. *NEXT-OBP Mechanical Interface Control Drawing (MICD) incl. interface data*. H2SAT-WTPL-NEXT-ICD-0001 Issue 08. IQ wireless GmbH. 29. Sep. 2018.
- [IQW18n] IQW. *NEXT-OBP Reduced CAD Model*. H2SAT-WTPL-NEXT-CAD-0000 Issue 02. IQ wireless GmbH. 6. Juni 2018.
- [IQW18o] IQW. *NEXT-OBP Refurbishment Impacts*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0023 Issue 00. IQ wireless GmbH. 15. März 2018.
- [IQW18p] IQW. *NEXT-OBP System engineering plan (SEP)*. H2SAT-WTPL-NEXT-SEP-0000 Issue 04. IQ wireless GmbH. 24. Juli 2018.

- [IQW18q] IQW. *NEXT-OBP Tbc/Tbd requirements status*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0027 Issue 00. IQ wireless GmbH. 15. Okt. 2018.
- [IQW18r] IQW. *NEXT-OBP Technical Note EMC Test Cable Harness*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0015 Issue 02. IQ wireless GmbH. 13. Apr. 2018.
- [IQW18s] IQW. *NEXT-OBP Test Report Delta EMC Test for NCR-0009*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0010 Issue 01. IQ wireless GmbH. 19. Okt. 2018.
- [IQW18t] IQW. *NEXT-OBP Test Report Thermal Tests for NCR-0008*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0009 Issue 01. IQ wireless GmbH. 12. Juli 2018.
- [IQW18u] IQW. *NEXT-OBP Thermal Test procedure for NCR-0008*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0008 Issue 00. IQ wireless GmbH. 5. Apr. 2018.
- [IQW18v] IQW. *NEXT-OBP TN zu NCR-0008, Assessment und Planung*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0019 Issue 01. IQ wireless GmbH. 10. Jan. 2018.
- [IQW18w] IQW. *NOBP-CTR Controller Board assembly and integration*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0009 Issue 03. IQ wireless GmbH. 5. Jan. 2018.
- [IQW18x] IQW. *NOBP-ENC CTR-Slice*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0003 Issue 02. IQ wireless GmbH. 25. Sep. 2018.
- [IQW18y] IQW. *NOBP-ENC PSU-Slice*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0004 Issue 02. IQ wireless GmbH. 27. Sep. 2018.
- [IQW18z] IQW. *NOBP-ENC RFE-Slice*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0002 Issue 02. IQ wireless GmbH. 9. Okt. 2018.
- [IQW18aa] IQW. *NOBP-IF Interface Board assembly and integration*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0007 Issue 03. IQ wireless GmbH. 1. Okt. 2018.
- [IQW18ab] IQW. *NOBP-PSU Power Supply Board assembly and integration*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0010 Issue 03. IQ wireless GmbH. 5. Jan. 2018.
- [IQW18ac] IQW. *NOBP-RFE Radio Frontend assembly and integration*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0008 Issue 04. IQ wireless GmbH. 5. Jan. 2018.
- [IQW18ad] IQW. *NOBP-SAT Satellite Unit assembly and integration*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0011 Issue 04. IQ wireless GmbH. 1. Okt. 2018.
- [IQW19a] IQW. *Interface Requirement / Control Document (ICD)*. H2SAT-WTPL-NEXT-ICD-0000 Issue 12. IQ wireless GmbH. 4. Juni 2019.
- [IQW19b] IQW. *NEXT-OBP Limit Violations in PFM Radiated Emission Measurements*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-4006 Issue 01. IQ wireless GmbH. 11. Juli 2019.
- [IQW19c] IQW. *NEXT-OBP Test Procedure (incl. Specification) - Functional Tests NOBP-SAT Unit*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0003 Issue 06. IQ wireless GmbH. 29. Mai 2019.
- [IQW19d] IQW. *NEXT-OBP Test Procedure incl. Specification - Electrical Pre-Tests NOBP-IF Board*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0001 Issue 02. IQ wireless GmbH. 15. Feb. 2019.
- [IQW19e] IQW. *NEXT-OBP Test Procedure incl. Specification - Electrical Pre-Tests NOBP-PSU Board*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0002 Issue 02. IQ wireless GmbH. 15. Feb. 2019.
- [IQW19f] IQW. *NEXT-OBP Test Report - Functional Tests NOBP-SAT PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0013 Issue 01. IQ wireless GmbH. 5. Dez. 2019.

- [IQW19g] IQW. *NEXT-OBP Test Report EMC Tests PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0014 Issue 02. IQ wireless GmbH. 5. Dez. 2019.
- [IQW19h] IQW. *NEXT-OBP Test Specification for EMC/ESD Tests*. H2SAT-WTPL-NEXT-TSPE-0001 Issue 03. IQ wireless GmbH. 11. Jan. 2019.
- [IQW19i] IQW. *NOBP as-built Declared Component List (DCL) PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-DCL-0020 Issue 01. IQ wireless GmbH. 18. Apr. 2019.
- [IQW19j] IQW. *NOBP-ENC IF-Slice*. H2SAT-WTPL-NEXT-DW-0001 Issue 04. IQ wireless GmbH. 19. März 2019.
- [IQW19k] IQW. *NOBP-SAT Zusätzliche CE Messungen vor und nach TV-Test*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0029 Issue 00. IQ wireless GmbH. 19. Sep. 2019.
- [IQW20a] IQW. *Design Definition File (DDF)*. H2SAT-WTPL-NEXT-DDF-0000 Issue 09. IQ wireless GmbH. 15. Apr. 2020.
- [IQW20b] IQW. *Design Justification File (DJF)*. H2SAT-WTPL-NEXT-DJF-0000 Issue 05. IQ wireless GmbH. 15. Apr. 2020.
- [IQW20c] IQW. *NEXT-OBP CM- and SAT-Level Test Specification PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TSPE-0005 Issue 01. IQ wireless GmbH. 7. Mai 2020.
- [IQW20d] IQW. *NEXT-OBP NOBP-GND Description*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0010 Issue 04. IQ wireless GmbH. 15. Apr. 2020.
- [IQW20e] IQW. *NEXT-OBP Product User Manual (PUM)*. H2SAT-WTPL-NEXT-PUM-0001 Issue 03. IQ wireless GmbH. 29. Mai 2020.
- [IQW20f] IQW. *NOBP-GSE Configuration and DUT Protection*. H2SAT-WTPL-NEXT-TN-0028 Issue 03. IQ wireless GmbH. 2. Apr. 2020.
- [IQW20g] IQW. *Verification control document (VCD)*. H2SAT-WTPL-NEXT-VCD-0000 Issue 12. IQ wireless GmbH. 29. Mai 2020.
- [ste17] steep. *NEXT-OBP Test Procedure - EMC/ESD Tests*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0007 Issue 03. steep GmbH. 26. Juni 2017.
- [ste18a] steep. *NEXT-OBP Test Procedure EMC Tests for NCR-0009*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0014 Issue 02. steep GmbH. 2. Okt. 2018.
- [ste18b] steep. *NEXT-OBP Test Report EMC/ESD Tests*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0008 Issue 03. steep GmbH. 31. Juli 2018.
- [ste18c] steep. *steep EMC Test Report 03901OTN2018, Issue 01*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0010_A01 Issue 01. steep GmbH. 15. Okt. 2018.
- [ste19a] steep. *NEXT-OBP Test Procedure EMC Tests PFM*. H2SAT-WTPL-NEXT-TPRO-0018 Issue 01. steep GmbH. 12. März 2019.
- [ste19b] steep. *steep EMC Test Report 03301OTN2019*. H2SAT-WTPL-NEXT-TRPT-0014_A01 Issue 01. steep GmbH. 25. Sep. 2019.

Abkürzungsverzeichnis

Hinweis: Insofern verfügbar wurden im Rahmen dieses Berichts die von der European Cooperation for Space Standardization (ECSS) definierten Akronyme verwendet.

A/D	Analogue-to-Digital
AFW	Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH
AIRR	Assembly and Integration Readiness Review
AIV	Assembly, Integration and Verification
AR	Acceptance Review
BSM	Bi-Level Switch Monitor
BSSE	BSSE System and Software Engineering
CDR	Critical Design Review
COTS	Commercial Off-the-Shelf
D/A	Digital to Analogue
DC	Direct Current
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
DLR-KN	DLR Institut für Kommunikation und Navigation
DSP	Digital Signal Processing
ECSS	European Cooperation for Space Standardization
EEE-PCB	Electrical, Electronic and Electromechanical Parts Control Board
EEE	Electrical, Electronic and Electromechanical
EGSE	Electrical Ground Support Equipment
EM	Engineering Model
EMC	Electromagnetic Compatibility
EQM	Engineering Qualification Model
ESA	European Space Agency
ESD	Electrostatic Discharge
FPGA	Field Programmable Gate Array
GEO	Geostationary Orbit
GERD	General Equipment Requirements Document
GSE	Ground Support Equipment
HPC	High Power Command
HV	High Voltage
IQW	IQ wireless GmbH
LEO	Low Earth Orbit
MGSE	Mechanical Ground Support Equipment
MIL-Bus	MIL-STD-1553
MMPP	Materials, Mechanical Parts and Processes
MPCB	Material, Mechanical Parts and Processes Control Board
MRR	Manufacturing Readiness Review
NEXT-OBP	NEXT On-Board Processor
PA	Product Assurance
PDR	Preliminary Design Review
PFM	Protoflight Model
PLMN	Public Land Mobile Network
PSTN	Plain Switched Telephone Network
PSU	Power Supply Unit
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Frequency
SEE	Single Event Effect
TDMA	Time Division Multiplex Access
TM/TC	Telemetry/Telecommand

TRB	Test Review Board
TRR	Test Readiness Review
TSM	Temperature Sensors Monitor

Literaturverzeichnis

- [AFW18] AFW. *NEXT-OBP Product Assurance Plan*. H2SAT-WTPL-NEXT-PAP-0000 Issue 08. Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. 19. Juni 2018.
- [Bis+12] Hermann Bischl, Hartmut Brandt, Francisco Lázaro Blasco und Giuliano Garramone. *Schlussbericht zu "NEXT - Network Coding Satellite Experiment"*. Förderkennzeichen 50YB0904. Schlussbericht. Version 1.1. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, 6. Nov. 2012. 46 S. DOI: 10.2314/GBV:745995624.
- [Bis+16] Hermann Bischl u. a. "Die Zukunft der Satellitenkommunikation". In: *Die Zukunft der Satellitenkommunikation, Ein Weißbuch der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE (ITG)*. VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., 2016.
- [DLR10] DLR Raumfahrtmanagement. *Product – Assurance & Safety – Requirements For Payload Accomodation using Heinrich Hertz Satellite*. H2S-RD-QP-DLR-1086/D. Freigabe erteilt am 12.04.2011. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, 24. Sep. 2010.
- [DLR11a] DLR Raumfahrtmanagement. *H2Sat – Technologiebeistellungen Anzuwendende Management Anforderungen Phase B/C/D*. H2Sat-DLR_RD-RS-020 Issue 1. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, Nov. 2011.
- [DLR11b] DLR Raumfahrtmanagement. *Heinrich-Hertz-Mission - Technologiebeistellungen Anzuwendende Engineering Standards Phase B/C/D*. H2Sat-DLR_RD-RS-021 Issue 1. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, Aug. 2011.
- [DLR12] DLR Raumfahrtmanagement. *Anforderungen an Technologie-Beisteller für einen Mitflug auf dem Heinrich Hertz Satelliten*. Mit Anlagen A1: Heinrich Hertz Missionsbeschreibung durch das DLR RFM, A2: Beschreibung der Technologie-Beistellung, A3: Individuelle Anforderungen an die Technologie-Beistellung, A4: Einverständniserklärung. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, 12. Sep. 2012.
- [DLR16] DLR Raumfahrtmanagement. *Heinrich Hertz Satellitenmission – Verfahrensanweisung zur Prozessierung von Änderungsanträgen, Fehlermeldungen, Sonderfreigaben und Teilefreigaben zwischen DLR RFM, industriellem Hauptauftragnehmer und Technologie-Beistellern (Change Management)*. H2M-DLR-RD-AD-01 Ausgabe v2-0. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Bonn, 15. Juli 2016.

- [OHB09] OHB. *Payload Accommodation Handbook for the German Satellite Communication Mission*. H2S-OHB-MAN-0001 Draft 1. OHB System AG. Bremen, 15. Juli 2009.
- [OHB11] OHB. *General Equipment Requirements Document (GERD) for the Small GEO Satellite*. TC-OHB-RQ-0001 Issue 02. Revision A. OHB System AG. Bremen, 27. Sep. 2011.
- [OHB12] OHB. *Configuration Control and Documentation Management Requirements for Subcontractor and Supplier for the German Satellite Communication Mission Heinrich Hertz*. H2SAT-SYS-OHB-RQ-0001 Issue 02. OHB System AG. Bremen, 15. Okt. 2012.
- [OHB13a] OHB. *Double Isolation Requirements Specification For the Small GEO Satellite*. TC-SYS-OHB-RQ-0002 Issue 02. OHB System AG. Bremen, 27. März 2013.
- [OHB13b] OHB. *Product Assurance and Safety Requirements for I/F for W/T Supplier for the German Satellite Communication Mission Heinrich Hertz*. H2SAT-SYS-OHB-RQ-0009 Issue 01. OHB System AG. Bremen, 20. Sep. 2013.
- [Tes14] Tesat. *Interface Requirements Document (IRD) for NextOBP*. H2S-IOV-NEXTOBP-TE-IRD-0146 Issue C. Issue A was released 13. Mar. 2013. Tesat-Spacecom GmbH & Co. KG. Backnang, 16. Jan. 2014.